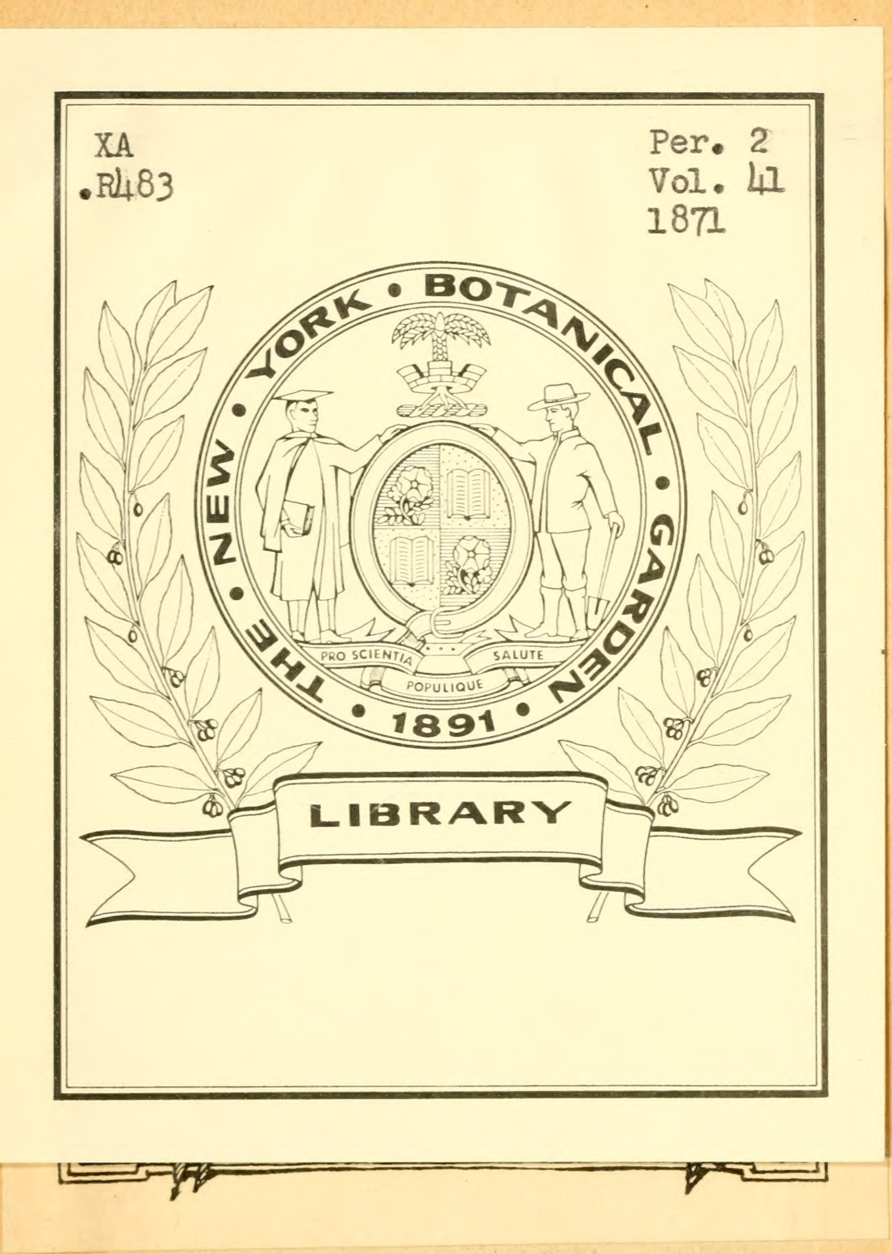



XA
.R483
Per. 2
Vol. 41
1871
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA
POPULIQUE
SALUTE
1891
LIBRARY



ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

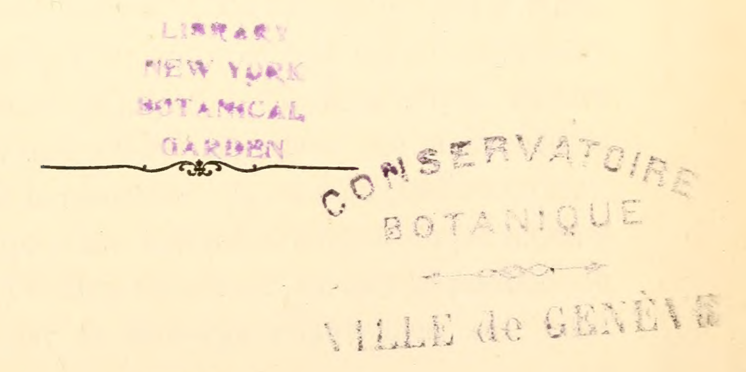
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME QUARANTE ET UNIÈME



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL
Place de la Louve, 1

PARIS
JOEL CHERBULIEZ
Rue de Seine, 33

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, H. GEORG, A BALE

1871

DE L'ACTION DU MAGNÉTISME

SUR

LES GAZ TRAVERSÉS PAR DES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

PAR

MM. A. DE LA RIVE ET E. SARASIN.

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 6 avril 1871.

L'un de nous (M. de la Rive) s'est depuis longtemps occupé de l'action du magnétisme sur les jets électriques qui se propagent dans les milieux gazeux très-raréfiés. Dans ses dernières recherches, qui ont paru dans les *Archives des sciences physiques* [1], M. de la Rive a montré que l'action du magnétisme détermine une augmentation considérable de la résistance à la conductibilité électrique, augmentation qui varie suivant la portion du jet soumise à l'action de l'électro-aimant, et suivant la position du tube traversé par la décharge relativement aux pôles magnétiques.

M. de la Rive a encore étudié d'une manière détaillée les effets de rotation produits par l'action d'un pôle magnétique sur les jets électriques, dans divers milieux gazeux très-raréfiés. Il a signalé les différences de vitesse qui résultent du degré plus ou moins grand de raréfaction du

[1] Décembre 1866, tome XXVII, p. 289.

milieu et de sa nature plus ou moins conductrice; il a insisté particulièrement sur l'apparence curieuse que présente le jet électrique dans un milieu renfermant une proportion un peu considérable de vapeur d'eau ou de vapeur d'alcool, apparence qui consiste dans la division du jet en plusieurs autres formant comme les rayons d'une roue, ce qui n'a jamais lieu à aucun degré de raréfaction dans les milieux gazeux qui ne renferment pas de vapeur.

M. de la Rive, enfin, indiquait à la fin de son travail qu'il y avait encore bien des points importants à éclaircir dans ce sujet intéressant. C'est cette étude que nous avons entreprise ensemble, et dont nous venons aujourd'hui communiquer les résultats à la Société.

Le premier point que nous avons eu à constater, c'est de savoir si, lorsqu'un jet électrique traverse un milieu gazeux raréfié, l'influence du magnétisme détermine un changement de densité, une augmentation probablement, dans la portion du gaz soumise à l'action de l'aimant.

Nous avons ensuite cherché à déterminer l'influence du magnétisme sur la conductibilité électrique des gaz raréfiés, traversés par la décharge, quand cette décharge s'opère dans une direction perpendiculaire à la ligne qui joint les pôles de l'électro-aimant, c'est-à-dire équatorialement.

Puis nous avons étudié cette même influence dans un cas où elle ne l'avait pas encore été, c'est-à-dire quand la décharge s'opère axialement, soit suivant la direction de la ligne qui joint les deux pôles.

Enfin, nous avons examiné sous le même rapport un troisième cas, celui où le jet électrique éprouve un mouvement de rotation continue sous l'action d'un élec-

tro-aimant disposé à cet effet dans l'intérieur du milieu gazeux raréfié.

Comme notre but n'était pas de chercher pour chaque gaz les coefficients numériques relatifs à ces divers genres d'action, mais seulement de déterminer les lois générales des phénomènes qui nous occupent, nous nous sommes bornés à opérer sur trois gaz très-différents sous le rapport de leurs propriétés physiques et chimiques, savoir l'*air atmosphérique*, l'*hydrogène* et l'*acide carbonique*.

I. Influence du magnétisme sur la densité du gaz raréfié, traversé par la décharge électrique.

Lorsqu'on soumet à l'action du magnétisme le jet électrique transmis dans un tube à travers un gaz raréfié, on observe que ce jet, tendant, comme Plücker l'a démontré, à décrire une courbe magnétique, se porte vers les parois du tube qui précisement l'empêchent de décrire exactement cette courbe, et cela d'un côté ou de l'autre, suivant le sens relatif du magnétisme et du courant électrique. En même temps le jet qui s'étalait plus ou moins dans le tube suivant la densité du gaz, semble se contracter en un filet passablement mince. On est donc disposé à croire que le gaz lui-même qui propage l'électricité se condense sous l'action de l'électro-aimant, et que c'est peut-être à cette cause qu'on doit la résistance plus grande qu'il présente alors à la conductibilité électrique. Nous avons donc cru devoir commencer notre travail par l'examen de ce point, c'est-à-dire rechercher si véritablement cette condensation a lieu.

Dès les premiers essais que nous fîmes, en faisant communiquer avec un manomètre très-sensible le tube

traversé par la décharge électrique sous l'action du magnétisme, nous reconnûmes que la condensation apparente du jet électrique est accompagnée d'une augmentation de la force élastique du gaz. Ce fait s'observe, du reste, avec la plus grande facilité. Quand on fait passer le courant d'induction à travers un tube rempli d'un gaz quelconque amené à un certain degré de raréfaction, et communiquant avec le manomètre, celui-ci indique une augmentation de pression très-notable à l'instant où la décharge commence à passer. Cette augmentation de pression résulte évidemment de l'échauffement du gaz. Lorsqu'ensuite on soumet à l'action du magnétisme le tube qui continue à être traversé par la décharge électrique, l'on voit la pression dans le manomètre diminuer, sans cependant revenir jamais tout à fait à ce qu'elle était avant le passage du courant. Sous l'action de l'aimantation, la force élastique du gaz traversé par la décharge électrique a donc été sensiblement diminuée, sans revenir cependant à ce qu'elle était avant le passage du courant. Cette diminution doit tenir, en partie du moins, à l'affaiblissement du courant qui, dès lors, doit produire un moindre échauffement.

Pour faire une étude plus approfondie de ce point spécial, nous nous sommes servis d'un grand tube de verre à deux compartiments séparés l'un de l'autre par un robinet également en verre, à large ouverture. Ce tube a 51 centimètres de longueur, 65 millimètres de diamètre; la longueur de chacun des deux compartiments est de 225 millimètres; ils sont réunis par une tubulure qui a 60 millimètres de longueur, 10 millimètres de diamètre; l'ouverture du robinet de verre a la même section qu'elle. Ce robinet, parfaitement rodé,

ferme hermétiquement. Le tube porte, à ses deux extrémités, des montures en laiton avec robinets et électrodes à boules, également en laiton. La distance d'une électrode à l'autre est de 41 centimètres; le tube est placé transversalement entre les deux pôles de l'électro-aimant, de manière à ce que le milieu de l'un des deux compartiments se trouve sur l'axe de l'aimant, tandis que l'autre est complétement soustrait à l'action du magnétisme. L'électro-aimant, dont nous nous sommes servis dans ces expériences, est celui que M. de la Rive a décrit dans son Mémoire sur la polarisation rotatoire magnétique des liquides [1] ; nous l'aimantions habituellement au moyen du courant produit par 40 couples de Bunsen. Pour que l'action du magnétisme fût aussi intense que possible sur l'une de deux moitiés de la décharge électrique, les deux pôles de l'électro-aimant étaient amenés en contact immédiat avec les parois latérales de celui des deux compartiments du tube de verre qui devait être soumis à son action. Ce compartiment était mis en communication par un petit tube de plomb avec un manomètre très-sensible, composé d'un double baromètre et d'un cathétomètre permettant d'apprécier les centièmes de millimètre. L'autre compartiment était relié par un système de tubes de plomb à une pompe pneumatique ordinaire, à une pompe pneumatique à mercure et à un appareil destiné à introduire et à dessécher les gaz. Le courant induit était fourni par une bobine de Ruhmkorff, de moyenne grandeur, excitée par le courant d'une pile de quatre couples de Grove.

Pour faire l'expérience l'on commençait par faire le vide dans tout l'appareil, puis l'on introduisait le gaz sur lequel il s'agissait d'opérer, on faisait le vide de nouveau,

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, Juillet 1870, tome XXXVIII, p. 209.

on réintroduisait du gaz, et cela plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que celui-ci fût arrivé à être suffisamment pur; on amenait ensuite le gaz à avoir dans le tube une pression bien déterminée, ce qui pouvait se faire facilement à cinq ou dix centièmes de millimètre près, soit en employant la pompe à mercure, soit avec la pompe pneumatique ordinaire, en réglant convenablement le jeu des robinets.

La communication avec les tuyaux de plomb étant fermée, on vise bien exactement le niveau du mercure, on ferme ensuite le robinet qui établit la communication entre le tube de verre et le manomètre, et on fait passer le courant après avoir aimanté l'électro-aimant. Dans le compartiment qui se trouve placé entre les deux pôles magnétiques, le jet lumineux est fortement condensé et repoussé contre la paroi du tube. Dans l'autre compartiment, l'effet, au moins en apparence, est presque nul, sauf la diminution d'éclat résultant de l'augmentation considérable de résistance qui se produit dans le compartiment soumis à l'aimantation, et, par conséquent, de la diminution d'intensité de la décharge. On laisse agir le magnétisme pendant 10 ou 20 secondes environ, puis on ferme le grand robinet de verre pendant que le courant se propage encore; à l'instant même le préparateur tourne l'interrupteur de la bobine de Ruhmkorff et arrête ainsi le courant. Enfin, on observe le manomètre pendant que l'on ouvre successivement le robinet qui sépare le premier compartiment du manomètre, puis le grand robinet de verre. En opérant ainsi, on trouve que le gaz renfermé dans le compartiment sur lequel l'aimant a agi, présente une augmentation de pression très-sensible, tandis que dans l'autre il s'est opéré un vide partiel équi-

valant. En observant le manomètre, on voit s'y produire une forte oscillation à l'instant où le robinet, qui le met en communication avec le compartiment sur lequel l'aimant a agi, est ouvert : le niveau du mercure s'abaisse de plusieurs centièmes de millimètres ; puis, lorsqu'on ouvre le robinet de verre qui met en communication le second compartiment avec le premier et avec le manomètre, on observe une seconde oscillation en sens inverse de la première, et lorsque le mouvement du mercure a cessé, l'on voit que son niveau est revenu exactement à ce qu'il était avant l'expérience. Ainsi donc, sous l'action du magnétisme, une certaine quantité de gaz a passé du compartiment qui est en dehors de cette action dans celui qui y est soumis et a augmenté, par conséquent, la densité du gaz qui y est contenu.

Cet effet varie naturellement avec l'intensité de l'aimant, avec l'intensité du courant d'induction et avec la pression initiale du gaz sur lequel on opère. Il augmente évidemment avec l'intensité du magnétisme et avec l'intensité de la décharge ; il augmente aussi très-notablement avec la densité initiale du gaz, pourvu que la décharge soit assez forte pour que son intensité ne soit pas trop affaiblie par cette augmentation de densité. Pour une intensité donnée du courant de la bobine d'induction et une distance déterminée des électrodes, il y a donc pour chaque gaz une pression à laquelle l'effet observé est maximum. Cette pression est la plus basse pour l'air, qui est le moins bon conducteur des trois gaz sur lesquels nous avons opéré, plus élevée pour l'acide carbonique et plus élevée encore pour l'hydrogène. Dans le grand tube à robinet de verre par exemple, et avec la bobine de Ruhmkorff de moyenne grandeur, les trois

pressions correspondantes au maximum d'effet étaient de 7mm à 8mm pour l'air, de 10mm à 12mm pour l'acide carbonique, de 15mm pour l'hydrogène. Un très-grand nombre d'expériences nous ont démontré que la condensation est la plus forte pour l'air, sensiblement moins forte déjà pour l'acide carbonique et très-faible pour l'hydrogène. Avec la bobine de Ruhmkorff de moyenne grandeur, nous avons obtenu pour la variation de force élastique, en ayant pour les trois gaz la même pression initiale de 8mm :

Air.	Acide carbonique.	Hydrogène.
mm 0,12 et mm 0,16	mm 0,08 et mm 0,12	mm 0,02 et mm 0,04

Il était inutile, comme on peut le voir, de ramener dans chaque cas, comme nous l'avions d'abord fait, l'intensité du courant à être la même ; car, lors même qu'on ne le fait pas, l'ordre dans lequel les trois gaz se rangent ne change pas et le résultat est alors d'autant plus significatif que l'intensité du courant, qui est plus grande dans l'acide carbonique et dans l'hydrogène que dans l'air, devrait au contraire, si elle troublait les expériences, intervertir l'ordre des trois gaz.

Quand même les nombreuses expériences, faites dans ces conditions-là, ne nous laissaient aucun doute sur l'effet, variable d'un gaz à l'autre, que le magnétisme exerce sur un milieu raréfié traversé par la décharge électrique, nous avons désiré reprendre ces expériences et les répéter avec une bobine de Ruhmkorff d'un très-fort modèle, qui nous permettait d'opérer à des pressions beaucoup plus élevées, en ayant un courant plus fort, et d'obtenir par cela même des effets beaucoup plus prononcés. Le tableau suivant renferme les résultats que nous avons obtenus dans cette nouvelle série d'expériences.

Différences de pression observées :

	Air.	Acide carbonique.	Hydrogène.
à 8^{mm}	0^{mm},10 à 0^{mm},12	0^{mm},04 à 0^{mm},06	0^{mm},02
15	0,24 à 0,28	0,16	0,04
20	0,32 à 0,36	0,20	0,06

Ces chiffres se rapportent au cas où le compartiment dans lequel se trouve l'électrode négative est placé entre les deux pôles de l'aimant, l'autre étant placé en dehors de son action. Nos expériences ont montré que l'effet est beaucoup moindre dans le cas inverse. Lorsque l'aimant agissait sur la partie positive du jet, nous avons obtenu pour cette variation de pression avec l'air à 20^{mm} 0^{mm},16 à 0^{mm},18 au lieu de 0^{mm},32.

Il résulte donc de ces expériences que l'action du magnétisme augmente d'une manière sensible la densité d'un milieux gazeux traversé par la décharge électrique dans la portion de ce milieu sur laquelle cette action s'exerce. Cet effet varie suivant les différents gaz : il est d'autant plus fort que le gaz est moins bon conducteur pour l'électricité. Il varie aussi suivant la portion du jet qui est soumise à l'action de l'aimant, étant maximum lorsque l'aimant agit sur la portion négative.

Nous nous bornons pour le moment à constater le fait sans nous hasarder encore à en donner l'interprétation ; il peut provenir, soit d'une condensation réelle des molécules gazeuses operée par le magnétisme, soit d'une différence de température entre la partie du jet qui est soumise à l'action magnétique, et celle qui ne l'est pas, soit de ces deux causes réunies. Nous nous proposons de reprendre l'examen de cette question dans l'étude que nous comptons faire de l'influence du magnétisme sur les effets calorifiques produits par le passage de la décharge électrique à travers les gaz raréfiés.

II. *Action du magnétisme sur la conductibilité des gaz raréfiés quand la décharge électrique est dirigée transversalement à la ligne qui joint les pôles de l'électro-aimant, soit équatorialement.*

Pour étudier l'influence du magnétisme sur la résistance qu'un gaz raréfié oppose à la transmission de la décharge électrique, dans le cas où celle-ci s'accomplit suivant une direction perpendiculaire à la ligne des pôles de l'électro-aimant, nous avons employé un tube de verre cylindrique dont les dimensions étaient choisies de manière à ce que le jet électrique fût soumis sur toute sa longueur à l'action intense du magnétisme. Ce tube avait 20 centimètres de longueur et 35^{mm} de diamètre ; il portait à ses extrémités deux montures en laiton, avec robinets et électrodes à boules également en laiton ; la distance entre les deux électrodes était égale au diamètre des fers doux de l'électro-aimant, savoir à 9 centimètres. Ce cylindre de verre était disposé comme le grand tube à robinet de verre dans l'expérience précédente et communiquait par des tuyaux de plomb, d'une part avec le manomètre, d'autre part avec la machine pneumatique.

Pour pouvoir comparer entre eux les trois différents gaz sur lesquels nous voulions opérer, il fallait les placer tous trois dans des conditions identiques, c'est-à-dire les amener à la même pression et les faire traverser par un courant de même intensité. Mais comme il n'était pas facile de disposer un rhéostat dans le circuit induit, nous avons imaginé de faire varier l'intensité du courant inducteur et cela en y introduisant une plus ou moins grande longueur d'un fil mince d'argentane. L'intensité

du courant induit traversant le gaz raréfié était mesurée à l'aide d'un galvanomètre très-sensible[1], et de l'appareil à sondes décrit par M. de la Rive dans ses recherches sur la décharge électrique dans les gaz raréfiés[2]. Enfin, comme la colonne gazeuse sur laquelle nous opérions était très-courte et ne suffisait pas, surtout dans le cas de l'hydrogène, pour éliminer le courant induit de faible tension donné par la bobine de Ruhmkorff, en même temps que le courant de forte tension de sens inverse, qui est celui dont on se sert dans l'expérience, nous introduisions dans le circuit induit un tube de Geissler cylindrique de 49 cent. de longueur, de 30^{mm} de diamètre et renfermant de l'hydrogène raréfié.

Pour mesurer l'influence du magnétisme sur la conductibilité électrique d'un gaz raréfié traversé par le courant d'induction, nous amenions chacun des trois différents gaz sur lesquels nous opérions, à une pression donnée, la même pour tous les trois, puis nous réglions l'intensité du courant inducteur de manière à avoir toujours dans chaque série d'expériences la même intensité du courant induit. Ayant ainsi au début de chaque expérience placé le gaz sur lequel nous opérions dans des conditions initiales identiques, nous aimantions, puis nous cherchions le degré de raréfaction auquel il fallait l'amener pour que, sous l'action du magnétisme, l'intensité du courant qui le traversait redevînt la même qu'avant l'aimantation. Cette méthode est plus sensible que celle

[1] Ce galvanomètre était disposé dans une pièce voisine assez loin de l'électro-aimant pour que son aiguille ne pût pas être influencée par lui.

[2] *Archives des Sciences phys. et nat.*, Juillet 1860, tome XXVI, p. 177.

qui consisterait simplement à mesurer la diminution que la déviation du galvanomètre subit lorsque le gaz raréfié est soumis à l'action du magnétisme. Cette déviation peut en effet, sous l'action du magnétisme, être amenée de 60° ou plus à une déviation très-faible, de 6 à 8 degrés par exemple et même au-dessous, sur la valeur de laquelle il est très-facile de commettre une erreur. Il y a de plus un grand avantage à faire varier la pression dont on peut obtenir une mesure très-précise plutôt que l'intensité qui ne peut pas être mesurée exactement par les déviations de l'aiguille du galvanomètre auxquelles elle n'est pas proportionnelle lorsque celles-ci dépassent 30°.

Pour faire l'expérience, nous commencions par faire le vide dans tout le système, puis nous introduisions une première fois le gaz sec et pur sur lequel il s'agissait d'opérer ; nous faisions le vide de nouveau, nous réintroduisions le gaz, et cela deux ou trois fois de suite, de manière à chasser les gaz étrangers. En réglant ensuite les robinets de la pompe pneumatique convenablement, nous arrivions à régulariser parfaitement le jeu de cette pompe, et nous obtenions de la sorte, avec une grande exactitude, le degré de raréfaction voulu, 30^{mm} par exemple. A l'instant où cette pression était atteinte on fermait le robinet du tube de verre, puis l'on réglait l'intensité du courant inducteur de façon à obtenir la déviation voulue au galvanomètre. Cela étant, on aimantait et l'on faisait le vide graduellement dans le tube, jusqu'à ce que la déviation du galvanomètre fût redevenue exactement ce qu'elle était auparavant. On interrompait alors de nouveau la communication du tube de verre avec la pompe, on vérifiait encore que le cou-

rant induit avait bien repris exactement son intensité initiale; enfin, on faisait la lecture au manomètre qui était resté tout le temps de l'expérience en communication avec le tube de verre.

Au bout d'un certain temps, et après les avoir répétées quelques fois, l'on arrive à faire ces expériences avec une très-grande rapidité, tout en obtenant des résultats presque absolument concordants, pour un même gaz dans les mêmes conditions.

Nous avons exécuté plusieurs séries d'expériences comparatives avec l'air, l'hydrogène et l'acide carbonique aux pressions de 20mm, 30mm et 40mm; nous nous bornerons à donner les résultats de quelques-unes, toutes du reste ayant parfaitement concordé entre elles.

Air atmosphérique.			Hydrogène.		
Dév. du galv.		Pression.	Dév. du galv.		Pression.
		mm			mm
30°	sans aimantation	20	30°	sans aimantation	20
	avec aimantation	6,64		avec aimantation	3,50
		6,56			2,90
		6,20			3,20
		6,58		Moyenne	3,20
	Moyenne	6,50			

On voit par ce tableau combien l'influence du magnétisme sur la conductibilité électrique d'un gaz traversé par le courant d'induction varie d'un gaz à l'autre. Les chiffres que nous venons de donner montrent que le magnétisme diminue beaucoup plus la conductibilité électrique de l'hydrogène que celle de l'air; cependant la contraction apparente du jet sous l'action du magnétisme est beaucoup moins forte dans l'hydrogène que dans l'air. On voit déjà par là que cette condensation du jet n'est pas la seule cause de cette augmentation de résistance et

qu'elle n'est même probablement pas la cause prépondérante.

Voici les résultats obtenus dans une série que nous choisissons entre beaucoup d'autres que nous avons faites sur les trois gaz en question :

Pression initiale des trois gaz : 30mm
Déviation constante du galvanomètre : 30°
Pression sous l'action de l'aimantation :

	Hydrogène.	Acide carbonique.	Air.
	mm	mm	mm
	7,30	10,60	13,70
	7,60	10,42	13,34
	7,60	10,55	—
Moyenne	7,50	10,52	13,52

Même résultat à 20mm
Pression initiale des trois gaz : 20mm
Déviation constante du galvanomètre : 30°
Pression sous l'action de l'aimantation :

Hydrogène.	Acide carbonique.	Air.
2,45	3,20	6,72
2,55	3,30	6,52
2,80	—	6,50
2,60	3,25	6,58

Même effet enfin à 40mm; seulement à cette pression nous n'avons pas pu obtenir de résultats bien réguliers pour l'air, la décharge y étant trop discontinue.

Pression initiale des deux gaz : 40mm
Déviation constante du galvanomètre : 30°
Pression sous l'action de l'aimantation :

	Hydrogène.	Acide carbonique.
	13,54	16,00
	13,60	16,24
Moyenne	13,57	16,12

On peut donc conclure de ces expériences multipliées que l'augmentation de résistance qui résulte pour un gaz de l'action du magnétisme, est d'autant plus considérable que la conductibilité électrique de ce gaz est plus grande. Nous avons vu en effet qu'elle est la plus considérable pour l'hydrogène qui a une très-grande conductibilité électrique, moins grande pour l'acide carbonique qui est sensiblement moins conducteur, la plus faible enfin pour l'air atmosphérique qui présente une résistance propre beaucoup plus grande que les deux gaz précédents. Comme nous l'avons déjà remarqué, la compressibilité ne paraît jouer qu'un rôle très-secondaire, si tant est qu'elle en joue un, dans cet ordre de phénomènes.

III. *Action du magnétisme sur le jet électrique dans le cas où celui-ci est dirigé suivant la ligne qui joint les pôles magnétiques, soit axialement.*

L'action du magnétisme sur le jet électrique varie naturellement beaucoup avec la position que ce jet occupe relativement aux pôles de l'électro-aimant. Divers physiciens se sont occupés de ce sujet et ont considéré dans leurs recherches les cas les plus variés, mais nous ne croyons pas que le cas simple qui fait l'objet de ce paragraphe et qui présente comme on le verra un grand intérêt, ait déjà été étudié d'une manière particulière.

Le tube dans lequel nous transmettions la décharge électrique devait pouvoir être introduit par chacune de ses deux extrémités dans l'ouverture cylindrique percée dans les deux pièces de fer doux de l'électro-aimant. L'appareil dont nous nous sommes servis dans cette série d'expériences consistait donc en un tube de verre étroit pré-

sentant 22mm de diamètre intérieur et 40 centimètres de longueur; le jet avait 20 centimètres de longueur. Aux deux extrémités de ce tube étaient mastiquées les deux électrodes formées chacune d'une tige en laiton terminée par une boule également en laiton. L'une de ces électrodes se prolongeait au dehors en une longue tige en laiton aboutissant à l'extrémité de l'ouverture cylindrique du fer doux, l'autre en un tuyau de plomb très-étroit et flexible, qui, traversant l'ouverture cylindrique du second fer doux, mettait le tube de verre en communication avec le manomètre et la pompe pneumatique. L'effet du magnétisme sur la décharge électrique disposée ainsi axialement varie avec l'écartement des pôles de l'aimant. Le cas le plus favorable nous a paru être avec notre appareil, celui où l'on avait une distance fixe de 10 centimètres entre les deux pôles, distance que nous avons maintenue dans toutes nos expériences. L'effet du magnétisme sur la résistance du gaz raréfié contenu dans le tube axial, aussi bien que sur l'apparence du jet électrique, varie également avec la position que les électrodes occupent par rapport aux pôles magnétiques; l'action du magnétisme sur la résistance atteint son maximum lorsque la boule servant d'électrode négative est au milieu de l'intervalle qui sépare les deux pôles magnétiques. L'influence du magnétisme sur la décharge axiale est très-faible aux pressions supérieures à 2 millimètres. L'aimantation apporte cependant déjà dans ce cas, une modification sensible à l'apparence du jet; celui-ci de discontinu et strié qu'il était, devient beaucoup plus continu ; il n'est pas possible cependant de constater encore un changement appréciable dans la résistance. A partir de 2 millimètres l'effet est beaucoup plus prononcé, et ici il nous faut distinguer deux positions principales du tube.

1re *position.* L'électrode négative se trouve au milieu de l'intervalle qui sépare les pôles magnétiques. Dès que l'on a amené le gaz à une pression inférieure à 2^{mm}, on observe, à l'instant où l'on aimante, une modification complète dans l'apparence de la décharge. L'extrémité du jet positif s'allonge en un dard qui s'applique contre la paroi du tube en se rapprochant de plus en plus de l'électrode négative, et finit, aux pressions les plus basses qu'on ait pu atteindre, par passer entre le tube et la boule négative pour se joindre en arrière de celle-ci à une gaîne bleue qui a remplacé l'auréole négative. Le changement apporté à la résistance est encore beaucoup plus remarquable que la modification subie par l'apparence du jet : dans ce cas, en effet, contrairement à ce qui aurait lieu dans le cas de la décharge transversale, la conductibilité électrique du gaz traversé par le jet électrique est *augmentée* sous l'influence du magnétisme. A une pression de 1^{mm}, par exemple, le galvanomètre placé dans le courant dérivé, et qui donnait une déviation de 30° lorsque l'électro-aimant n'agissait pas, marquait après l'aimantation 35° dans le cas de l'air, 38° dans le cas de l'acide carbonique et 40° dans le cas de l'hydrogène. On voit par là que la conductibilité électrique du gaz raréfié contenu dans le tube axial, est notablement augmentée par l'aimantation. L'on constate en même temps que cet effet n'est point le même dans les différents gaz. Il est maximum dans l'hydrogène, et minimum dans l'air ; l'ordre des trois gaz est le même ici que dans les expériences faites avec la décharge transversale. L'effet est d'autant plus marqué que la pression est plus faible ; à une pression de $\frac{1}{2}$ millimètre nous avons vu la déviation du galvanomètre passer par l'effet de l'aimantation de 15° à 26°

dans l'air, à 30° dans l'acide carbonique et à 38° dans l'hydrogène; on voit que l'intensité du courant était plus que doublée dans l'hydrogène.

2me *position.* L'électrode négative est dans le voisinage immédiat de l'un des pôles magnétiques. La modification apportée dans ce cas à l'apparence du jet électrique est beaucoup plus remarquable que dans le cas précédent; à mesure que la pression diminue au-dessous de 2^mm^ l'enveloppe lumineuse qui entourait l'électrode négative s'allonge de plus en plus en empiétant sur l'espace obscur; aux pressions les plus basses que nous ayons pu atteindre, la partie négative du jet avait fini par former un tronc de cône très-allongé remplissant tout l'intervalle compris entre les deux électrodes, tandis que la partie positive avait été repoussée jusque dans l'intérieur du cylindre de fer doux. Dans cette seconde position du tube l'augmentation observée dans la conductibilité du gaz raréfié est un peu moindre que celle que l'on obtient dans la première position. En déplaçant lentement le tube on peut lui faire prendre toutes les positions comprises entre les deux auxquelles nous nous sommes particulièrement arrêtés. En partant de la seconde position on voit le cône lumineux négatif se raccourcir de plus en plus, puis céder la place au dard positif qui s'avance jusque derrière l'électrode négative. Le sens de l'aimantation est sans influence aussi bien sur l'augmentation de conductibilité que sur l'apparence du jet électrique.

M. de la Rive avait déjà signalé dans son travail sur le même sujet, que nous avons cité en tête de notre mémoire, un cas spécial dans lequel l'action du magnétisme lui avait paru augmenter la conductibilité électrique du gaz, au lieu de la diminuer. Ce cas était celui où la décharge

était transmise dans un tube en spirale placé d'une manière particulière entre les pôles de l'électro-aimant; mais il ne s'y était pas arrêté, renvoyant cette étude à un travail postérieur [1].

IV. *Action du magnétisme sur le jet électrique dans le cas où ce jet éprouve un mouvement de rotation continu autour du pôle de l'électro-aimant.*

Le mouvement de rotation qu'éprouve le jet peut, ou s'opérer dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'aimant qui produit la rotation, et c'est ce qui a lieu lorsque l'étincelle jaillit entre un anneau métallique perpendiculaire à l'axe de l'aimant et une électrode disposée en son centre sur la continuation de cet axe [2], ou avoir lieu verticalement autour de l'axe d'un petit cylindre de fer doux aimanté par son contact avec l'un des pôles d'un électro-aimant, et dont l'extrémité constituait l'une des électrodes.

Dans le premier cas, il n'y a aucune variation sensible de conductibilité dans le gaz, lorsque le jet est soumis à l'action du magnétisme et se met en mouvement par l'effet de cette action; cette conductibilité reste exactement ce qu'elle était quand le jet n'était pas soumis à l'influence de l'aimant et demeurait par conséquent en repos. Il en est de même quand, introduisant de la vapeur d'eau ou de la vapeur d'alcool dans le gaz raréfié, on obtient sous l'influence magnétique la division du jet, aupa-

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, décembre 1866, t. XXVII, p. 296.

[2] Dans ces expériences l'aimant était disposé en colonne verticale au lieu d'être en fer à cheval comme dans les précédentes.

ravant unique, en plusieurs jets semblables aux rayons d'une roue.

Avec la vapeur d'eau, le milieu est au même degré de tension, plus conducteur qu'il ne l'était avec le gaz sec; avec la vapeur d'alcool, il l'est moins dans les mêmes conditions; mais ni avec l'une ni avec l'autre de ces deux vapeurs, pas plus qu'avec le gaz sec, le magnétisme en déterminant la rotation du jet, n'influe sur la conductibilité électrique.

Il en est tout autrement lorsque le jet décrit autour de la tige de fer doux aimantée un cylindre dont l'axe est celui de cette tige. Dans ce cas, il y a une augmentation très-sensible de résistance à la conductibilité électrique quand le jet, au lieu d'être immobile, éprouve un mouvement de rotation par l'effet du magnétisme. Mais cette augmentation est sensiblement plus considérable quand c'est l'électricité positive qui part du sommet de la tige de fer doux que lorsque c'est la négative. Ainsi, dans le premier cas, nous avons vu la déviation du galvanomètre diminuer de 65° à 45°, tandis que, dans le second cas, elle ne diminuait que de 65 à °55°. Remarquons que dans le cas où la diminution de la résistance est la plus grande, la rotation du jet semble s'accomplir plus difficilement dans les mêmes conditions d'intensité de la décharge électrique, d'intensité du magnétisme, et de raréfaction du milieu gazeux qui est simplement l'air atmosphérique à 4 mill. de pression; non-seulement la rotation est beaucoup moins rapide, mais le jet lui-même, au lieu de rester vertical, prend dans sa rotation un position inclinée qu'on observe déjà à un certain degré dans l'autre cas, mais qui est beaucoup plus prononcée dans celui où la conductibilité est le plus diminuée.

Il semblerait donc que cette diminution de conductibilité correspond à la position forcée que le jet électrique est obligé de prendre sous l'influence de l'aimantation, dans le cas où il est naturellement vertical : tandis que, lorsqu'il est horizontal et qu'il tourne comme les aiguilles d'une montre, le magnétisme ne fait que lui imprimer un mouvement de rotation continu, sans altérer en rien sa forme, sa direction et son apparence.

Conclusions.

Il résulte des expériences décrites dans ce Mémoire :

1° Que l'action du magnétisme, quand elle ne s'exerce que sur une portion d'un jet électrique transmis à travers un gaz raréfié, détermine, dans cette portion, une augmentation de densité.

2° Que cette même action, quand elle s'exerce sur un jet électrique placé *équatorialement* entre les pôles d'un électro-aimant, produit dans le gaz raréfié dans lequel le jet se propage, une *augmentation* de résistance d'autant plus considérable que le gaz lui-même est plus conducteur.

3° Que cette même action détermine au contraire une *diminution* de résistance quand le jet est dirigé *axialement* entre les deux pôles magnétiques, cette diminution étant d'autant plus grande que le gaz lui-même est plus conducteur.

4° Que lorsque l'action du magnétisme consiste à imprimer un mouvement continu de rotation au jet électrique, cette action est sans influence sur la résistance à la conductibilité, si la rotation s'opère dans un plan

perpendiculaire à l'axe du cylindre de fer doux aimanté qui détermine la rotation, tandis qu'elle la diminue notablement si la rotation a lieu de manière que le jet électrique décrive un cylindre autour de l'axe de la tige.

5° Que ces différents effets ne paraissent pas pouvoir être attribués à des variations de densité produites sur le milieu gazeux par l'action du magnétisme, mais doivent trouver très-probablement leur explication dans les perturbations que cette action amène dans l'arrangement, soit la disposition des particules du gaz raréfié, nécessaire pour la propagation de l'électricité.

OBSERVATIONS

DE

PROTUBÉRANCES SOLAIRES

FAITES A ROME

A L'OBSERVATOIRE DU CAPITOLE

PAR

M. LE PROFESSEUR L. RESPIGHI.

Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève dans sa séance du 20 avril 1871.

Les prévisions que nous émettions naguères [1], relativement aux travaux à espérer comme conséquences des découvertes faites après la grande éclipse de 1868, se réalisent de jour en jour, et le moment nous paraît venu de rendre compte des études spectroscopiques poursuivies à Rome par M. le professeur Respighi. Déjà, à trois reprises, il en a entretenu ses collègues de l'Académie *dei Lincei*, et son dernier Mémoire, en date du 4 décembre 1870, renferme un contingent considérable de faits nouveaux et méritant intérêt.

C'est le 25 octobre 1869 que ses observations ont commencé, avec le concours d'un excellent équatorial de Mertz de 4 $^1/_3$ pouces d'ouverture, auquel est adapté un spectroscope à vision directe de Hofmann. Le procédé

[1] *Archives*, Août 1869, tome XXXV, p. 257.

suivi pour les exécuter est celui indiqué par M. Zöllner, et basé sur la belle découverte de MM. Lockyer et Janssen. La fente du spectroscope est placée tangentiellement au bord du Soleil; en l'élargissant convenablement, on voit l'image des protubérances et le contour ondulé de la chromosphère ressortir distincts dans les raies noires du spectre solaire appartenant à la matière hydrogénée qui forme l'enveloppe rosée du Soleil. Tous les jours où le ciel a permis de voir le Soleil, des dessins ont été pris de ces apparences, fournissant des matériaux que des milliers d'années n'auraient pas suffi à produire, si l'observation avait été restreinte comme ci-devant aux seuls cas des éclipses totales.

Ces dessins, qui exigent une grande dextérité de main, accompagnent les mémoires présentés par leur auteur à l'Académie précitée, et peuvent donner à chacun l'idée de la singulière activité qui règne autour du Soleil. Nous ne pouvons pas les reproduire ici, mais nous chercherons à analyser la description dont il les fait suivre et les conclusions qu'il en déduit.

L'aspect général des protubérances, leurs formes si bizarres et si capricieuses, leur développement, leurs transformations, amènent indirectement à les considérer comme des éruptions gazeuses plus ou moins gigantesques, émanant du globe solaire. Il est vrai que quelques-unes prennent plutôt l'apparence de masses vaporeuses d'hydrogène amoncelées sous forme de cumulus ou d'amas nébuleux. Il est vrai aussi que la matière dont elles sont composées est la même que celle de la couche rosée qui entoure le Soleil. On pourrait donc les attribuer à des amoncellements ou à des soulèvements de cette couche gazeuse. Mais l'ensemble de leurs apparences ne

peut s'expliquer sans cette notion de jets violents, dont la base peut parfois ne pas être visible, dont les conséquences ultérieures peuvent produire l'effet de grands amas vaporeux, mais qui n'en existent pas moins réellement, variant de vitesse et de direction, de dimensions et d'écartement, formant souvent des groupes se confondant les uns avec les autres, en présentant les formes les plus fantastiques, et laissant parfois en suspension en dehors du disque solaire des masses analogues à de véritables nuages.

Pour qui a contemplé le développement des protubérances, surtout dans le voisinage des taches, il ne peut rester le moindre doute sur leur origine éruptive, les phases successives d'une véritable éruption étant trop accentuées et trop manifestes dans le phénomène. Le fait d'être composées des mêmes substances que la chromosphère, d'hydrogène surtout, ne prouve pas que les protubérances résultent d'accumulations de cette couche gazeuse elle-même. On ne peut se refuser à admettre l'existence de l'hydrogène en grande abondance dans la masse interne du Soleil. Ces éruptions peuvent fort bien être destinées à alimenter et maintenir cette enveloppe enflammée. Si l'hydrogène est l'élément principal jaillissant dans les protubérances, c'est que ses conditions de légèreté, de grande abondance, se trouvent éminemment propices à ces exhalaisons ; toutefois, il peut fort bien ne pas exister seul dans leur composition. D'autres matières pourraient s'y rencontrer et être invisibles ; leur constatation est d'ailleurs déjà un fait acquis à la science dans les observations actuelles, comme nous le verrons tout à l'heure.

Nous admettrons donc, avec plusieurs observateurs émi-

nents comme M. Zöllner, par exemple, que les protubérances sont le résultat d'éruptions, sans vouloir affirmer par là que l'hydrogène de la chromosphère ne puisse concourir aussi à leur formation et à en rendre les apparences plus variées et plus complexes.

Ces apparences sont très-diverses; les dessins en font foi. On peut y reconnaître sept types principaux, dont cinq de jets isolés ou réunis, plus ou moins bien définis, minces ou larges, se ramifiant, s'entre-croisant, et deux de masses nébuleuses, irrégulières, appuyées au disque solaire, ou entièrement détachées.

Les jets déliés et bien définis se voient surtout dans les régions des taches, où ordinairement on les aperçoit surgir à travers la couche rosée sous la forme de filets très-lumineux, de longueur et d'inclinaison variables, tantôt rectilignes et s'émoussant à leur sommet, tantôt se recourbant en forme parabolique sur le disque du Soleil.

Les jets, réunis en groupes, se présentent aussi près des taches sous l'aspect de filets brillants plus ou moins rapprochés, tantôt parallèles, tantôt divergents. On en voit aussi ailleurs, mais ordinairement ils sont moins lumineux, et ils apparaissent volontiers alors comme des masses nébuleuses terminées en filaments plus ou moins bien définis.

Souvent les jets isolés ou groupés donnent naissance à des jets secondaires, très-fortement inclinés à la direction du jet principal et quelquefois d'une longueur extraordinaire. Dans leur partie supérieure, les jets ordinairement se dispersent ou se dissolvent en masses nébuleuses des formes les plus étranges, présentant l'apparence d'arcades ou de vraies forêts d'arbres.

Quant à leurs dimensions, elles oscillent entre des li-

mites fort étendues, depuis les jets les plus bas et les plus minces, jusqu'à des éruptions atteignant non moins de 20 diamètres terrestres, et à des masses nébuleuses capables de contenir quelques milliers de fois le volume de notre terre. Pendant l'année d'observations dont il est rendu compte, il s'est présenté plus de 700 protubérances dépassant 1 minute de hauteur, ou 3 diamètres terrestres; plusieurs au delà de 3′, et quatre dépassant 6′, soit le cinquième du diamètre du Soleil, ce qui suppose une longueur de près de 60000 lieues. Les dimensions sont aussi considérables dans le sens horizontal. Les plus grandes se développent à l'ordinaire dans le voisinage des taches; c'est là aussi qu'elles se produisent et qu'elles se dissipent le plus rapidement.

La surface extérieure de la couche rosée ou chromosphère est, on le sait, irrégulière, présentant des aspérités sous forme de filaments verticaux ou inclinés, de traits s'arrondissant en flocons nébuleux, ou d'ondulations pareilles à des chaînes de montagnes. La hauteur de la couche est variable, mais en faisant abstraction des irrégularités produites par les protubérances, elle ne dépasse guère 12″. Son éclat est variable aussi dans les diverses parties des bords du Soleil, suivant les temps, et paraît surtout intense dans la région des taches.

Sur cette chromosphère, on remarque parfois des points ou traits plus brillants, qui se transforment souvent en jets de diverses espèces. Ces jets s'allongent, en demeurant compactes et bien définis, jusqu'à des hauteurs considérables, et fréquemment s'inclinent pour retomber vers le disque du Soleil, ou se ramifient, se dispersent en produisant des masses nébuleuses que nous appelons protubérances. Ce développement est quelque-

fois visible dans un temps très-restreint, surtout dans les régions des taches, tellement que l'œil a peine à suivre les métamorphoses du phénomène, et qu'un dessin, même approximatif, en devient impossible.

Ces éruptions violentes et passagères sont toutefois plutôt rares. Leur rapidité dans les phases ultérieures de leur dispersion est si grande, qu'on pourrait soupçonner les masses gazeuses, soumises à d'épouvantables détonations partielles. La vitesse de certains jets a pu être estimée atteindre 6, 7 et 800 kilomètres par seconde, dans le sens vertical, comme dans les sens latéraux. Il arrive même que des jets secondaires, ou des ramifications de jets se manifestent là où quelques instants auparavant il n'en existait pas trace. Ce phénomène induit à supposer qu'il n'est pas question ici de transports réels de masses d'hydrogène à ces immenses distances et avec des vitesses si extraordinaires, mais bien de traces lumineuses laissées dans des masses obscures d'hydrogène en suspension, par le passage de puissantes décharges électriques ou de gigantesques éclairs.

Quelque incontestable que soit l'action de la force de projection, résultant de l'énorme tension des gaz contenus dans le globe solaire, pour les faire jaillir en jets des diverses espèces décrites, elle ne suffit pas, en la combinant avec l'action de la pesanteur, pour rendre compte des phénomènes multiples de dispersion et de transformation des masses gazeuses protubérantielles. Il faut admettre, pour les expliquer, des forces autres et encore ignorées, de répulsion et d'attraction. L'électricité peut y jouer un rôle important. Mais, quelque probable que soit cette présomption, il est impossible d'en déterminer la loi dans l'état actuel des observations, non plus que l'in-

fluence de la résistance et des courants de l'atmosphère solaire.

De ce qui précède, on peut déjà induire que la durée des protubérances est très-inégale. Pendant que certaines d'entre elles se développent et disparaissent en peu d'instants, d'autres demeurent visibles pendant des temps prolongés, parfois pendant plusieurs jours. Celles qui sont le plus passagères et le plus sujettes à transformations, sont dans la région des taches; les grandes et promptes modifications subies par celles-ci, de même que leurs déplacements parfois si brusques, sont probablement en relation intime avec ces gigantesques éruptions.

Les protubérances les plus persistantes se rencontrent de préférence dans les régions plus calmes de la surface solaire, particulièrement près des pôles. C'est là qu'on peut les suivre le plus longtemps, tout au moins leurs sommités. Dans les latitudes inférieures, il peut aussi en exister de persistantes, conservant même leurs formes et leurs dimensions pendant des jours entiers; toutefois, leur durée moyenne ordinaire est moindre jusqu'aux latitudes de 50°. L'espoir de pouvoir se servir de leur réapparition pour calculer la durée de la rotation du Soleil ne s'est pas réalisé. Mais cette possibilité existe encore pour les protubérances voisines des pôles. Sans présumer que les protubérances correspondent à des centres d'éruption fixes, à de véritables volcans, il paraît plausible qu'elles sont plus stables que les taches, et, par conséquent, plus propres à fixer cette durée. Des recherches non encore définitives, basées sur des observations de protubérances à des latitudes supérieures à 70°, permettent de conclure que la rotation du Soleil est approxima-

tivement la même que celle obtenue par le calcul basé sur les taches voisines de l'équateur.

Le retard subi par les taches, proportionnellement à leur écartement de ce grand cercle, devrait donc être considéré comme effet du mouvement propre des taches, ou de courants locaux, en sens contraire à la rotation dans la couche superficielle où flottent les taches, ou sur laquelle elles sont empreintes. Ceci dit sous réserve de recherches ultérieures très-nécessaires pour élucider ce sujet délicat.

La répartition des protubérances autour du disque solaire n'est point uniforme. L'étendue qu'elles occupent atteint 10°, 20°, 30° de la circonférence suivant les époques, c'est-à-dire jusqu'à $^1/_{12}$ de sa longueur. Dans les régions polaires, jusqu'à une distance de 20°, elles sont très-rares et ne se manifestent que tout à fait exceptionnellement, quoique dans ces parages la couche rosée ne soit point à l'état de parfaite tranquillité.

Pendant la période d'observations 1869-1870, il s'est présenté un nombre de protubérances sensiblement plus grand dans l'hémisphère boréal que dans l'hémisphère austral; fait qui peut coïncider avec celui qu'ont constaté quelques astronomes d'une température plus élevée dans le premier hémisphère que dans le second.

Dans la zone de 20° au-dessus et au-dessous de l'équateur, les protubérances sont moins fréquentes et moins développées que dans les zones de latitudes plus élevées. Les grandes, c'est-à-dire celles qui dépassent 1′, se présentent surtout dans les zones de l'hémisphère boréal comprises entre 10° et 20° et entre 60° et 70° de latitude. Entre 30° et 40° il y en a eu beaucoup moins. Dans l'hémisphère austral, la fréquence du phénomène est à

peu près constante dans la zone comprise entre 20° et 60° de latitude, décroissant ensuite rapidement en se rapprochant des pôles et de l'Équateur.

Des protubérances considérables se sont produites pendant l'automne dernier dans les latitudes supérieures de l'hémisphère boréal. Il n'est pas hors de propos de signaler ce fait, coïncidant avec une abondance insolite d'aurores boréales et de perturbations magnétiques à la surface de la terre.

Il va sans dire que les résultats qui précèdent ne peuvent être considérés comme définitifs. Les moyennes à trouver devront être basées sur des observations beaucoup plus nombreuses. Il en est de même pour les questions de périodicité, qui ne sauraient être résolues d'ici à nombre d'années.

On peut en revanche établir dores et déjà quelques notions positives sur les relations existant entre les protubérances et les autres phénomènes solaires, facules et taches.

Habituellement les protubérances et les éruptions sont très-fréquentes et très-considérables dans le voisinage des facules, de telle sorte qu'on peut affirmer qu'il n'y a guère de facules sans protubérances, tandis que l'inverse peut se présenter. Les deux phénomènes, quoique coexistants, sont toutefois totalement distincts. Le fait de l'existence de protubérances dans le voisinage des pôles, où les facules ne se voient jamais, rend plus vraisemblable l'hypothèse que les facules sont une conséquence des éruptions solaires, par le fait desquelles peuvent se produire des condensations ou des amoncellements de matière lumineuse, photosphérique, constituant les points ou grains brillants de la surface solaire. Cette supposition est con-

firmée par l'observation réitérée que les facules sont d'autant plus éclatantes, que sont plus violentes et plus intenses les éruptions avoisinantes.

L'abondance des protubérances n'est pas le seul fait remarquable que présentent les régions des taches solaires.

La chromosphère est habituellement dans ces parages assez lumineuse, peu élevée et terminée à sa partie supérieure avec une surprenante régularité.

De cette couche, comme d'une vaste plaine, jaillissent de temps à autre des jets très-brillants et très-déliés, parfois verticaux, mais plus souvent inclinés, tantôt isolés, tantôt réunis en groupes ou faisceaux qui promptement se développent, promptement aussi se transforment et se dissolvent, après avoir revêtu des formes bizarres, jets rectilignes et bien définis, arcs paraboliques retombant sur le bord du disque solaire, ou masses nébuleuses demeurant quelquefois isolées, suspendues au-dessus de ce disque.

On voit parfois dans le voisinage du noyau des taches des masses nébuleuses très-lumineuses et compactes sur la base desquelles se projettent des traits obscurs, comme si dans ces endroits surgissaient réellement du bord du soleil des fumées noires

Lorsque les taches coïncident avec le bord du disque, tandis que tout autour d'elles apparaissent des jets très-intenses, sur le noyau même, la couche rosée est ordinairement si basse et régulière, qu'on pourrait soupçonner qu'elle n'existe pas, et on y constate dans quelques cas de véritables interruptions.

Les éruptions les plus voisines des taches sont celles qui produisent les plus gigantesques effets. Elles sont en

même temps de durée très-brève. Leur violence est telle, qu'elle leur donne quelquefois l'apparence d'éruptions ou de volcans d'éclairs, plutôt que de substances gazeuses.

Le caractère particulier de cette espèce de protubérances est de présenter la trace de matières autres que l'hydrogène, telles que le sodium, le magnésium, le fer à l'état de gaz incandescents. On avait la notion de l'existence de ces substances dans les protubérances, mais il n'avait pas encore été démontré que cette propriété appartient spécialement aux éruptions voisines des taches. Parmi les raies lumineuses qui se rencontrent dans le spectre du bord du Soleil et des protubérances à proximité des taches, deux se font constamment remarquer : l'une située entre les raies B et C de Frauenhofer, l'autre entre B et *a*. Ces deux raies ne coïncident avec aucune des raies noires du spectre solaire ni avec aucune de celles appartenant à un corps connu jusqu'ici à la surface de la terre. Elles sont d'une observation difficile, leur éclat étant rarement un peu vif et leur présence limitée plutôt à la partie inférieure de la couche rosée ou des protubérances.

L'existence de ces raies est un caractère inhérent aux protubérances voisines des taches d'une manière si marquée, si générale, que de la présence de ces raies on peut induire l'existence de taches près du bord solaire, lors même que ces taches ne sont pas visibles, et prévoir leur apparition imminente du côté oriental, lorsqu'elles sont encore cachées derrière le disque. La présence toujours simultanée des deux raies indiquerait qu'elles appartiennent à une même substance, qui se trouve dans les régions des taches avec l'hydrogène dans les conditions les

plus favorables aux éruptions, soit par le fait de sa légèreté, soit de son abondance.

Les autres raies brillantes observées dans les protubérances en question s'y présentent fréquemment, mais non pas d'une manière régulière et constante, et rarement elles se montrent toutes à la fois dans le même jet. Elles ne sont guère visibles qu'à la partie la plus rapprochée du disque et pour un temps limité.

Lors même que les parages des taches sont signalés par un état d'éruptions très-actives, il paraît régner sur leur emplacement même un état de calme relatif, soit par suite d'une absence totale de protubérances, soit par la présence de jets très-rares et de très-petites dimensions, avec la particularité d'une grande régularité dans la couche rosée.

Quant au fait d'une dépression accidentelle à l'endroit où le noyau d'une tache vient à contourner le bord du disque, fait sur lequel on s'est souvent appuyé pour affirmer la forme de cratère où d'entonnoir inhérente aux taches elles-mêmes, le spectroscope ne l'a jusqu'ici jamais constaté. Son emploi est pourtant éminemment apte à cet examen. Disposant la fente de l'instrument tangentiellement au disque, il est aisé par son moyen de discerner les plus petites déformations du bord de la photosphère. Cette prétention ne s'étend pas d'une manière absolue jusqu'à des appréciations de fractions de seconde, mais elle est applicable et concluante pour des dépressions qui auraient quelques secondes de profondeur.

La fente du spectroscope dirigée sur un noyau de tache et surtout sur les régions avoisinantes permet souvent de reconnaître les raies brillantes des protubérances;

mais le phénomène n'est ni général, ni constant. Il est plus fréquent lorsque les noyaux sont près du bord du Soleil. Pour ceux qui sont situés dans les parties centrales, il arrive que les raies brillantes ne s'étendent pas à tout le noyau, mais seulement à une portion de sa surface. Les raies brillantes autres que celles des protubérances peuvent aussi y être observées. Leur présence ne prouve point que l'éruption des gaz correspondants ait lieu sur les noyaux mêmes. Toutes les observations tendent à démontrer que les jets surgissent presque constamment des alentours du noyau et que la tache elle-même n'est pas le résultat d'une éruption générale, comme quelques auteurs l'ont présumé.

L'obscurité de la teinte du noyau a aussi été attribuée à un effet de contraste plutôt qu'à une absence sinon totale, du moins très-notable d'éclat de cette partie centrale des taches. On s'est appuyé pour l'affirmer sur le degré beaucoup plus marqué de noirceur observée sur les planètes Vénus et Mercure, lors de leur passage sur le Soleil. Mais ce rapprochement n'est pas suffisamment probant, les planètes inférieures étant situées en dehors de l'atmosphère solaire, tandis que les taches sont vues au travers de cette atmosphère et doivent par conséquent être éclairées par sa lumière diffuse. Leur spectre n'est pas moins obscur que celui de l'enveloppe visible tout autour du disque, leur éclat ne doit donc pas être plus intense.

Cette obscurité paraît suffisante pour expliquer les modifications subies par les raies spectrales observées sur les noyaux des taches et y paraissant plus marquées, plus larges, parfois fumeuses et moins nettement terminées. Cet élargissement peut être produit par l'obscurité

du champ sur lequel elles se projettent, ou par l'ouverture de la fente du spectroscope. L'obscurité du champ diminuant l'effet de l'irradiation, laisserait voir plus distinctes et élargies les raies, qui dans le spectre solaire apparaissent moins nettes et amincies par suite du fort éclairement du champ et de l'irradiation des parties limitrophes très-brillantes. La fente du spectroscope, ne pouvant s'amincir jusqu'à la dimension des raies spectrales, contribuerait à leur apparence élargie, parce que toute raie noire, quand les rayons avoisinants sont pâles et que l'ouverture est convenablement restreinte, est reproduite dans le spectre avec toute la largeur de la fente, ce qui n'arriverait pas lorsque le spectre est très-lumineux.

Il est probable que les raies obscures du spectre solaire sont produites, non par l'absorption des vapeurs des diverses substances diffuses de l'atmosphère solaire, mais par celle de couches gazeuses incandescentes de ces mêmes substances, situées immédiatement au-dessus de la photosphère et d'épaisseur assez faible comparée à celle de la chromosphère. D'où il suit que, sur le bord du disque, tandis que l'hydrogène se présente sur une zone assez étendue pour montrer les raies brillantes séparées de la lumière de la photosphère, la chose devient impossible pour les autres gaz, dont la zone visible est trop restreinte en présence de l'éblouissante mer lumineuse de la photosphère. La zone signalée par le P. Secchi, très-mince et à spectre continu, située au-dessous de la chromosphère, paraît être une confirmation de ce fait, vérifié en Espagne par le professeur Young lors de la dernière éclipse totale de décembre 1870.

Dans cette hypothèse les raies obscures observées sur le spectre du disque solaire pourraient être amincies et

affaiblies par les raies lumineuses correspondantes, émanant de la zone en question, pendant que ces effets seraient moins sensibles dans le spectre atmosphérique projeté sur les noyaux des taches où probablement ces raies lumineuses font ordinairement défaut. Il dépend peut-être de cette circonstance, que quelques substances qui, certainement, existent à l'état gazeux dans le Soleil, échappent à notre analyse en ne produisant pas les raies noires correspondantes dans le spectre; l'absorption de la lumière photosphérique se trouvant dans ces cas là compensée par l'intensité des raies lumineuses de la couche absorbante elle-même.

La théorie de la longueur des ondes lumineuses en rapport avec la vitesse de translation de la source de lumière n'a pas besoin d'être rappelée ici. On sait que de ses déplacements peuvent résulter des déplacements appréciables dans les raies spectrales, dans un sens ou dans l'autre, suivant que le mouvement a lieu vers l'observateur ou en sens inverse. Les variations, déplacements et déformations souvent constatés dans les raies spectrales de protubérances, même voisines, peuvent fort bien s'expliquer par les éruptions très-rapides, de direction, d'inclinaison et d'étendue très-diverses, qui se manifestent autour des taches. Il ne sera cependant pas toujours nécessaire de recourir à cet ordre de faits, pour rendre compte de ces phénomènes. L'intensité de la lumière des jets, le degré d'ouverture de la fente du spectroscope, sa position en dehors du foyer exact de l'instrument, l'état d'agitation ou de scintillation de l'atmosphère, la position de l'œil par rapport au diaphragme ou à l'axe de l'oculaire sont autant de circonstances pouvant avoir leur influence sur ces observations. La température excessivement éle-

vée à laquelle doivent se trouver exposées les bases des jets lumineux et violents peut être aussi une cause de l'élargissement des raies spectrales.

Les irrégularités subies par les raies C et F sont sûrement dues à l'influence des jets ou des protubérances, se produisant sur certaines parties du disque solaire, surtout près des taches. L'hydrogène provenant de ces éruptions reste quelquefois en suspension à de grandes hauteurs et pendant un temps prolongé, devenant invisible avant de retomber sur le Soleil, et formant ainsi de vrais nuages d'hydrogène obscur. Agissant alors comme milieux purement absorbants, ces nuages d'hydrogène peuvent fort bien renforcer et élargir les raies obscures précitées dans les parties sous-jacentes de la photosphère.

Inversément, s'il se trouve sous la fente du spectroscope une protubérance ou un jet très-lumineux, son éclat peut affaiblir, amincir ou voiler les raies obscures et même prévaloir sur elles de manière à les rendre brillantes, quand l'éclat du jet sera assez intense et le spectre de la photosphère assez diminué, comme le cas s'en présente près des taches ou dans leur pénombre.

Il y a là toute une série de causes à examiner avec grand soin avant de recourir, pour l'explication de ces phénomènes, à celle des changements de réfrangibilité ou aux déplacements des raies spectrales produits par le mouvement de la source lumineuse. C'est une question encore très-incertaine et complexe, et exigeant d'être traitée directement avant d'en pouvoir adopter le principe comme établi.

Les faits qui précèdent, ont conduit M. le professeur Respighi à exposer ses vues sur la constitution physique

du Soleil, telle qu'elle lui paraît ressortir des observations que nous venons de résumer.

Pour lui, les violentes éruptions, émanant d'un globe, dont la surface est régulière, bien définie, exigent que son enveloppe extérieure soit d'une certaine épaisseur et d'une densité convenable, et que dans son intérieur soient renfermés des gaz à une énorme tension. Il n'est donc pas possible de supposer cette enveloppe à l'état gazeux pour se rendre raison de la forme souvent nettement définie des jets. Son poids ou sa pression ne pourrait s'accorder alors avec la tension excessive des gaz à l'intérieur et l'effrayante rapidité des éruptions.

La température très-élevée, existant à la surface du Soleil ne permet pas de la supposer non plus sous forme d'une croûte solide ; hypothèse rendue impossible d'ailleurs par l'état de mobilité où doit se trouver cette surface pour rendre compte des mouvements des facules et des taches.

La supposition d'une strate ou enveloppe liquide pourrait concilier toutes ces exigences. Elle comprimerait les gaz de l'intérieur suffisamment pour les réduire, malgré leur énorme température, à une densité supérieure et pour transformer le globe entier du Soleil en une espèce de masse liquide incandescente et quasi incompressible. Dans l'intérieur n'existe aucun équilibre stable : les gaz y sont irrégulièrement distribués et condensés, et cette hétérogénéité de la masse est sans doute la cause des éruptions ou des protubérances. On conçoit que dans certaines parties de cette fournaise, des amas de gaz surchauffés, émanant de l'intérieur et approchant plus ou moins rapidement de la surface du globe, rompent l'enveloppe qui fait obstacle à leur explosion et pro-

duisent les jets de toutes grandeurs et de toutes formes que nous avons décrits. Une voie de communication étant ainsi ouverte entre l'intérieur et l'extérieur du corps du Soleil, il pourra s'établir une espèce d'absorption, qui alimentera l'éruption et lui fera prendre les développements extraordinaires dont nous sommes témoins.

L'absence ou la rareté des grandes éruptions dans les régions polaires peut dériver de plus d'épaisseur ou de cohésion dans la couche liquide enveloppante. La plus grande durée des éruptions aux latitudes élevées pourrait dépendre de la même cause qui, ayant rendu plus difficile leur développement, en favorise ensuite la continuation en augmentant la difficulté de refermer l'ouverture produite. Le contraire aurait lieu dans les régions équatoriales.

Autour des taches et dans leur contour même, les jets gazeux sont ordinairement si bien définis, si intenses et si minces, qu'on pourrait présumer qu'ils sortent d'une matière ou d'une couche plus consistante et comme d'une espèce de croûte solide nageant sur la strate liquide qui forme l'enveloppe générale du Soleil.

Les phénomènes des protubérances ou éruptions solaires feraient donc conclure comme probable, que le corps du Soleil se compose d'une masse gazeuse à une température très-élevée, enveloppée et fortement comprimée par une couche liquide à l'état d'incandescence, dont la surface ou plutôt dont les strates superficielles constitueraient la photosphère ou la source principale de lumière et de chaleur rayonnante du Soleil.

Une objection sérieuse se présente contre l'existence de cette enveloppe à l'état liquide, aux yeux des physiciens qui ont admis pour valeur de la température du

Soleil les chiffres monstrueux de plusieurs millions de degrés. Sous une pareille intensité de chaleur, nos notions de chimie ne permettent guère de supposer les corps composant la masse du Soleil qu'à l'état de complète dissociation et par conséquent à l'état gazeux. Si l'on réfléchit toutefois sur le peu de solidité de cette évaluation, il paraît difficile de vouloir lui faire jouer un rôle trop important dans la réfutation de la théorie, basée sur les arguments et les observations qui précèdent. M. Respighi n'hésite pas à la considérer comme fort exagérée. Il donne les motifs de son rejet, mais nous ne pouvons les détailler ici.

Autour de la couche liquide, il admet la couche chromosphérique, aujourd'hui généralement reconnue, et à laquelle il attribue une épaisseur moyenne d'environ 9000 kilomètres. Elle peut recouvrir ou se mélanger avec d'autres atmosphères plus minces, composées d'autres gaz ou vapeurs, incandescents ou obscurs de diverses autres substances. La chromosphère exerce sur la lumière éclatante de la photosphère des absorptions électives en rapport avec les divers gaz, dont l'atmosphère solaire est composée et produit dans le spectre solaire ces interruptions dans les rayons lumineux que nous observons sous forme de raies obscures.

L'auréole ou couronne lumineuse entourant le disque du Soleil lors des éclipses totales n'est vraisemblablement point une illusion d'optique, et correspond à une atmosphère extérieure à la couche d'hydrogène enflammé, beaucoup plus étendue, s'étendant à environ six minutes de hauteur, formée d'une substance gazeuse obscure ou médiocrement lumineuse, et d'une très-faible densité.

L'atmosphère enflammée contribue puissamment à

maintenir à la surface du Soleil une température très-élevée, réparant les pertes considérables subies par le fait du rayonnement, et il est probable que ces éruptions solaires, si répandues sur toute son étendue, remplissent l'office d'apporter de l'intérieur du globe la dose énorme de chaleur nécessaire pour maintenir à la surface une température sensiblement constante. De cette manière, la constance de l'intensité du rayonnement du Soleil s'obtiendrait aux dépens de la température interne, dont les variations demeureraient insensibles à nos procédés d'appréciation et dont la diminution ne serait perceptible qu'au bout d'une longue suite de siècles.

La période d'observations des protubérances dont nous disposons est trop courte pour pouvoir induire une augmentation d'épaisseur dans la chromosphère comme conséquence des gaz dont elle est constamment grossie. Elle n'est pas vraisemblable; les divers gaz émis se combinent plutôt par l'effet inévitable de leur refroidissement, et contribuent à grossir l'enveloppe liquide du globe solaire.

On sait que la surface du Soleil, examinée avec de puissants instruments et dans de bonnes conditions atmosphériques se présente sous une apparence moutonnée, tachetée, couverte de granulations brillantes, que séparent des interstices relativement obscurs. Cette apparence très-visible dans les régions centrales du disque, s'évanouit complétement près des bords. Est-elle le résultat de réelles ondulations, de rugosités sur la surface solaire, et dans ce cas sont-ce les parties brillantes ou les parties pâles qui font saillie? C'est une question fort contestée.

Le fait de la diminution bien constatée de l'éclat du

disque, en allant du centre à la circonférence, paraît s'opposer à l'adoption de la première alternative. Si les cimes des vagues lumineuses de la photosphère sont plus brillantes que leurs intervalles, le contraire serait observé, à moins d'attribuer à l'atmosphère solaire un pouvoir absorbant peu conciliable avec la densité très-faible, qui doit lui être assignée.

Dans l'une comme dans l'autre hypothèse ces aspérités ou inégalités de niveau de la surface doivent toutefois être restreintes dans de minimes proportions, comparées aux dimensions du rayon solaire. Lorsque ces granulations lumineuses prennent plus d'extension ou se réunissent en groupes plus ou moins irréguliers, elles forment ce que l'on est convenu d'appeler les facules, qui sont ordinairement accompagnées de protubérances ou de jets d'hydrogène plus ou moins considérables. Les ouvertures ou déchirures occasionnées dans la photosphère par ces éruptions doivent apparaître moins brillantes que les régions environnantes, et à leur endroit même il ne doit pas y avoir de facules. L'observation constate que les jets ou les protubérances avoisinent les facules, mais ne doivent pas être confondus avec elles. Les éruptions peuvent influer sur leurs formes, leur distribution, leur existence, mais non point leur être assimilées.

Les observations spectrales excluent, pour ce qui concerne les taches solaires, deux idées émises sur leur provenance et sur leur nature. Elles ne peuvent être la conséquence de nuages ou de masses vaporeuses, absorbant partiellement l'éclat de la photosphère; elles ne correspondent pas non plus à des enfoncements ou à des cratères dans la matière photosphérique, puisque les érup-

tions, nécessaires au maintien de ces censés grands tourbillons, font défaut à l'endroit même où se trouvent placés les noyaux.

L'examen du bord du Soleil prouve que les taches doivent être des modifications locales de la photosphère, des obscurcissements partiels de sa surface, toujours sujets à des transformations plus ou moins promptes et considérables. La grande activité et l'immense développement des éruptions dans le voisinage des taches font présumer une connexion, une influence réciproque entre les deux phénomènes.

Quant à l'essence même des taches, quant à leur origine, leur formation et leurs vastes transformations, il y a grande difficulté, sinon impossibilité, à s'en rendre compte aujourd'hui. L'hypothèse qui les assimile à des écumes ou à des scories flottant sur la surface liquide incandescente du Soleil, est celle qui cadre le mieux avec les résultats des observations spectroscopiques. La photosphère présente, nous l'avons vu tout à l'heure, l'apparence de flocons très-lumineux sur un fond plus terne, ou de masses obscures sur un champ très-brillant. Si la première explication paraît plus conforme à l'effet visible, elle pourrait toutefois être une illusion, causée par l'irradiation des parties brillantes. L'observation minutieuse des granules ou traits obscurs de la photosphère peut faire soupçonner leur analogie avec des pores ou des rudiments de taches. Leur condensation ou leur amoncellement peut produire les effets fournis par les taches, qui naissent toujours, ainsi que les facules, dans les régions où l'activité éruptive de l'enveloppe solaire est la plus intense. Les jets projetés de l'intérieur de la masse arrivent à la surface avec une vitesse de rotation

inférieure à celle de l'endroit de leur émersion, et doivent ainsi nécessairement occasionner une résistance au mouvement des couches superficielles, qui y détermine des courants en sens inverse de celui du Soleil, et aussi une accumulation des matières obscurcissantes du côté postérieur des jets ou vers le bord oriental, et une dispersion ou une éclaircie du côté antérieur ou vers le bord occidental.

Il y a dans ces considérations des points d'analogie très-remarquables avec les idées émises naguère sur le même sujet par M. le professeur Spörer, le zélé investigateur des taches solaires. Nous en avons donné ici même un aperçu[1]. L'étude approfondie qu'il a faite des perturbations de leurs mouvements en longitude, parfois si considérables, suivant les parallèles où se rencontrent les taches, l'a amené à diminuer la portée de ces anomalies, en faisant entrer la naissance même des taches, leur production graduelle, comme cause efficiente des apparences de leurs déplacements. Cette même explication est encore plus efficace lorsqu'on suppose les taches se formant et nageant sur la surface même de la photosphère. Comme il est probable que dans leurs transformations successives les masses obscures vont en se condensant vers l'Est, et en se raréfiant vers l'Ouest, il arrivera que la tache s'accroîtra du côté de l'Est et diminuera du côté opposé. Leur transport sur la surface ne sera donc en réalité que partiel, et la vitesse apparente due en partie au renouvellement continu de la substance de la tache. L'explication n'est pas complète, la difficulté n'est pas définitivement résolue, mais elle est amoindrie.

[1] *Archives*, juillet 1868, tome XXXII, p. 190.

M. Respighi ne donne ces conclusions et ces présomptions que sous toutes réserves. Il les accompagne de développements dans lesquels nous ne pouvons le suivre dans cette notice, et il s'attend à des contradictions. Elles ne lui feront pas défaut et les premières sont déjà sorties d'un centre d'activité scientifique très-rapproché de son Observatoire du Capitole. Le P. Secchi, ayant le privilége d'observer sous le même ciel avec un instrument beaucoup plus puissant, réussit à discerner des détails qui échappent à des procédés plus restreints. Il ajoute quelques faits nouveaux aux observations dont nous venons de donner le résumé.

Ainsi il a remarqué des différences de formes dans les images de protubérances, suivant qu'on les observe dans la raie rouge ou dans la raie jaune. Cela ferait présumer l'existence d'une substance distincte de l'hydrogène. A l'extrémité de certaines pointes brillantes, observées sur les bords de protubérances, il a reconnu d'une manière très-précise des oscillations analogues à celles des flammes. Il a constaté sur le noyau des taches la présence de matières hydrogénées et de plusieurs autres vapeurs métalliques, ainsi que la déformation de quelques raies spectrales. Ces phénomènes confirment pour lui le fait que les variations spectrales observées ne sont pas le résultat de la projection des raies sur un fond plus ou moins obscur. Il ne croit pas aux interruptions de la chromosphère sur les noyaux des taches, non plus qu'à l'assimilation des jets protubérantiels à des éruptions de l'intérieur de la masse solaire.

Pour lui les facules sont des proéminences bien accusées sur la surface du soleil dépassant la couche inférieure plus dense de l'atmosphère solaire, échappant à son ab-

sorption et paraissant ainsi plus éclatantes. Elles deviendraient plus visibles près du bord, parce que cette absorption y est relativement plus considérable. Il va sans dire que, pour lui, les parties lumineuses, les grains brillants de la photosphère en sont les parties saillantes, comparables à d'innombrables flammes, en tout semblables, sauf les dimensions, aux facules[1].

La discussion sur ces points est ouverte dans la science et n'est pas près de se terminer, non plus que sur tant d'autres, encore mystérieux, relatifs à la constitution physique du Soleil. L'explication des taches donnée par M. Respighi est formellement rejetée par le P. Secchi, comme contraire aux progrès de la science moderne. Nous aurions été d'autant plus heureux d'apprendre les motifs de cette incompatibilité, que nous avons nous-même indiqué cette théorie comme probable[2], avant que les observations spectroscopiques de la chromosphère fussent venues lui donner un nouveau poids. Elle fut autrefois donnée par Galilée et son détrônement par la théorie d'Herschel ne fut certainement pas un progrès. Quoique bien persuadé du danger qu'il y a à s'attacher trop à une hypothèse, c'est avec une réelle satisfaction que nous avons vu M. Respighi et M. Zöllner[3] l'adopter comme vraisemblable. L'étude du Soleil a subi depuis dix ans une impulsion si extraordinaire, que les astronomes ont déjà souvent dû modifier radicalement leurs opinions à son égard. Toute conclusion absolue serait encore une

[1] Bollettino meteorologico dell' Osservatorio del Collegio Romano, 28 février 31 mars 1871.

[2] *Archives*, novembre 1863, t. XVIII, p. 209; mars 1864, t. XIX, p. 265.

[3] Astronomische Nachrichten, nº 1835.

témérité, quoique des pas essentiels aient été faits dans la connaissance de ce mystérieux sujet. Du concours zélé de tous naîtront les lumières qui doivent peu à peu l'éclaircir. Les travaux de M. le professeur Respighi y prennent désormais une place des plus honorables.

EMILE GAUTIER.

P.-S. Nous joignons au résumé qui précède, pour ceux de nos lecteurs qui n'ont pas eu l'occasion de voir des dessins de protubérances, la représentation approximative de celles que nous avons observées le 25 avril dernier. La Pl. I, fig. 1 présente une forme très-fréquente de protubérances se terminant à l'extérieur par des masses nébuleuses peu brillantes. La fig. 2 nous montre un jet rectiligne, oblique et délié ayant produit un nuage assez étendu qui reste en suspension au-dessus de la chromosphère. La fig. 3 renferme les apparences successives qu'a fournies dans l'espace de vingt minutes un centre actif et brillant d'éruption. A deux reprises, *b* et *f*, un jet très-délié en est sorti, ressemblant à une gigantesque fusée, qui s'est séparée du foyer de l'éruption pour s'envoler dans l'espace en déviant vers l'ouest et s'éteignant ensuite, sans présenter la diffusion de matière ou l'épanouissement ordinaire en pareil cas.

E. G.

RECONNAISSANCES

GÉOLOGIQUES, MÉTÉOROLOGIQUES ET ARCHÉOLOGIQUES

DANS

LA PROVINCE DE CONSTANTINE.

Fragments d'une lettre de M. TISSOT, ingénieur des mines à M. le professeur E. DESOR.

Constantine, 7 janvier 1871.

Caractère géologique de la partie sud-est de la province de Constantine. — Pendant l'été de cette année, j'ai étudié la région qui s'étend entre la Tunisie, la subdivision de Bone, le Sahara et les régions que j'avais étudiées antérieurement. La géologie de cette région (cercles d'Aïn Baïda et de Tebessa) peut se résumer ainsi :

1° Des ballons formés par des calcaires crétacés inférieurs presque toujours incontestablement aptiens.

2° De grandes combes qui entourent ces ballons et qui sont généralement constituées par les terrains crétacés moyens.

3° Un crêt circonscrivant des plateaux occupés par les calcaires senoniens et suersoniens.

Les plateaux plus ou moins accidentés par des plissements d'importance secondaire et recouverts fréquemment par les couches miocènes à *Pecten numidus* et par

le système immédiatement inférieur des grès du Djebel Ouach, paraissent former la presque totalité des surfaces comprises dans le sud et le sud-est de la subdivision de Bone.

Sur tous ces terrains, et aux altitudes les plus variables, le terrain lacustre des environs de Constantine s'étend comme un revêtement ou enduit général blanchâtre et rougeâtre. Fréquemment il n'a plus qu'une épaisseur insignifiante, ne présente plus de stratification et n'est plus, en quelque sorte, qu'un ramassis de fragments plus ou moins émoussés, cimentés par un tuf calcaire tantôt solide, tantôt farineux ; quelque chose enfin de tout à fait analogue à vos dépôts glaciaires où les boues et les limons auraient été remplacés par les tufs.

La continuité la plus complète permet d'établir que, sous cette forme, il est exactement le contemporain des dépôts lacustres des environs de Constantine.

Au sud du cercle de Tebessa on le voit reposer sur les couches à peu près verticales des dépôts lacustres du nord de Biskra, ce qui établit d'une façon incontestable que ces dépôts, malgré leur analogie, appartiennent à deux époques géologiques différentes.

Le dépôt lacustre des environs de Constantine présente immédiatement au sud de la Kabylie, des inclinaisons stratigraphiques très-fortes qui souvent atteignent presque la verticale; au contraire, lorsqu'on se rapproche du Sahara, on ne lui trouve jamais que des pentes de quelques degrés. Il est exactement prolongé par ce que j'ai appelé l'encroûtement diluvien dans les hauts plateaux sahariens du sud-ouest de la province, et par rapport aux couches lacustres du nord de Biskra, il paraît occuper une position identique à celle que les couches à *Cardium edule* occu-

pent dans le Sahara, sans toutefois qu'on puisse affirmer encore que ces deux systèmes de couches sont exactement contemporains.

De même le dépôt lacustre des environs de Constantine recouvre les marnes noires de la plaine de Djedjelly qui sont considérées comme pliocènes marines. Et cependant M. Bayle certifie que les marnes à lignite de Smendou, base de l'étage lacustre qui nous occupe, ont fourni des restes incontestables d'anthracothérium, qui jusqu'à présent ne se sont jamais trouvés que dans le miocène.

Or nos dépôts lacustres de Constantine sont séparés des couches à *Ostrea crassissima* d'une part par les 600 ou 800 mètres de couches arénacées du nord de Biskra, qui règnent de la Tunisie à la province d'Alger, et d'autre part par les marnes marines de Djedjelly; il n'est donc guère possible de les considérer comme miocènes.

Il faut conclure de là que si l'anthracothérium est spécial au miocène en Europe, il peut se trouver ailleurs dans d'autres étages, et d'une manière générale, que les règles qui président à la répartition des faunes dans l'Europe occidentale ne peuvent pas être légitimement étendues à l'ensemble du globe comme elles l'ont été par la plupart des géologues actuels.

Note additionnelle sur le percement de l'isthme de Gabes. — Dans ma première lettre sur ce sujet, je concluais du rapport intime qui existe en toute hypothèse entre la surface immergeable du Sahara et sa surface totale, que l'influence de l'isthme de Gabes et l'immersion qui en serait le résultat ne pourrait être qu'insignifiante sur le climat général, sur le climat de la Suisse et sur le climat de l'Algérie.

C'est sur une partie de ces conclusions que je veux

revenir aujourd'hui, parce qu'elles ne me paraissent pas complétement fondées.

Au point de vue du climat général et du climat des régions lointaines comme la Suisse, mes anciennes conclusions me paraissent devoir être maintenues ; il n'en est pas de même au point de vue de l'influence sur le climat local, sur le climat de l'Algérie.

Lorsque nous causions ensemble de cet objet, vous me disiez que sans doute on pourrait dessécher le lac de Neuchâtel, sans que cela ait une influence sensible sur le climat de l'ensemble des montagnes avoisinantes, et je crois que votre avis sous ce rapport était inattaquable ; mais peut-on en conclure que l'immersion du chott Melg'hrir, ou d'une étendue comparable, serait sans influence sur le climat du Tell algérien ? Je ne le crois pas. Les conditions ne sont plus du tout les mêmes. Le lac de Neuchâtel est une surface d'évaporation de petite étendue, située au milieu d'une masse considérable de montagnes qui fonctionnent comme condenseur à la fois par rapport à lui et par rapport à l'ensemble de l'atmosphère. En un point quelconque, la condensation totale se compose de l'apport fourni par le lac, lequel se repartit sur toute la masse des montagnes et qui est très-faible en chaque point, et en outre de l'apport fourni par l'ensemble de l'atmosphère qui est de beaucoup la partie la plus importante. C'est pour cela que la dessication du lac n'aurait pas d'influence sensible sur le climat de l'ensemble du massif montagneux.

Mais voyez combien ces conditions sont différentes de ce qui se passerait entre le chott Melg'hir et le Tell algérien.

La surface du chott est petite par rapport à l'ensemble

du Tell et de l'Atlas algériens, mais n'est nullement négligeable; l'évaporation de ce chott pendant un jour d'été serait considérable. Les montagnes du Tell placées immédiatement sous le vent, constituent le seul condenseur pour ces vapeurs qui n'iront plus comme pour le lac de Neuchâtel se répartir dans toutes les directions sur des masses montagneuses énormément plus étendues que le lac, mais qui, apportées par les vents dominant toujours dans cette même direction, viendraient se condenser sur l'Aurès.

Enfin, dans ces dernières montagnes, l'apport de l'ensemble de l'atmosphère est relativement faible, beaucoup plus faible qu'il ne l'est dans les montagnes de la Suisse.

En somme, si une surface comme celle du chott Melg'hir, comparable comme étendue aux régions culminantes de l'Altlas algérien, venait à être immergée, la condensation des vapeurs provenant de cette surface se ferait presque exclusivement dans les montagnes de notre Tell, notamment dans l'Aurès; elle aurait très-peu d'influence sur le climat des régions lointaines, mais pourrait avoir une influence excessivement sensible sur le climat du Tell de la province de Constantine.

Ce n'est en quelque sorte que pour mémoire que je reviens sur cette question : l'étude de problèmes de ce genre ne saurait malheureusement avoir aucune portée pratique en ce moment, grâce à la lutte inouïe qui détruit l'épargne de notre civilisation.

Je ne veux cependant pas terminer sans vous dire quelques mots des circonstances que m'ont suggéré les observations précédentes.

Pendant le printemps de l'année 1870 certaines régions du centre de la province de Constantine furent

desséchées. Celle de l'Oued Mellègue par exemple. Au bord septentrional du Sahara il y eut au contraire des pluies abondantes. A Biskra, où l'on fait des observations météorologiques régulières, on remarqua que, contrairement à ce qui se passe habituellement, les pluies étaient presque toujours amenées par des vents venant du sud-est ou du chott Melg'hir, Or les chutes d'eau ou de neige avaient été considérables dans l'Aurès pendant l'hiver précédent et pendant tout le printemps le chott avait été abondamment pourvu d'eau.

Archéologie. — Les monuments mégalithiques sont rares dans la région que j'ai étudiée cette année. J'en ai vu cependant quelques-uns dans le Cherchar, aux environs de Tébessa et aux environs de Souk-Arras. Mais ce qui m'a frappé, c'est que dans ces régions je ne les a jamais vus réunis en groupes considérables comme ceux du Guerioun, du Bou Merzoug et du Dj. Oum Setas dont j'ai déjà eu occasion de vous entretenir ; en outre, ils sont en général beaucoup moins bien conservés.

En revanche, les plateaux méridionaux du cercle de Tébessa, qui sont actuellement déserts et complétement inhabitables pendant l'été, par suite du manque d'eau, sont très-riches en ruines romaines qui ont un caractère architectural assez relevé.

Le pied nord du Dj. Fououa (voir la carte au $^1/_{400000}$ du dépôt de la guerre), entre autres, est plus richement garni de ruines que les régions qui bordent le pied septentrional de l'Aurès. Et cependant il n'y a pas d'eau potable dans ces régions ; en hiver on y trouve des flaques d'eau résultant des pluies, ce que les Arabes appellent des Redirs ; mais, pendant la saison chaude, il n'y a pas d'eau du tout.

Lorsque j'ai visité ce pays, au mois de mai 1870, la sécheresse avait déjà forcé la tribu des Nemenchas à rentrer dans ses campements d'été, à 50 ou 60 kil. de la frontière tunisienne, et j'étais obligé de faire des journées de dix-huit à vingt heures de marche pour visiter ce pays désert, au delà duquel se trouvait la tribu farouche des Hammama. Il me fallait emporter un peu d'eau pour ma consommation et celle des hommes qui m'accompagnaient, et pendant les dix-huit ou vingt heures que duraient nos marches, aller et retour, nos chevaux n'avaient ni à boire ni à manger.

Lorsqu'on a parcouru ces régions, il n'est plus possible de ne pas reconnaître que leur régime météorologique et hydrographique a dû subir une transformation radicale, depuis le temps où elles étaient habitées par les constructeurs et les hôtes des magnifiques ruines qu'on y trouve. Il paraît manifeste, en effet, que ces ruines étaient les demeures d'une classe privilégiée autour de laquelle devaient se grouper de nombreuses populations domestiques ou rurales. Actuellement une pareille population mourrait de soif dans ce pays.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

J. Norman Lockyer. Eclipse de 1870.

Le résultat capital de la grande éclipse de 1868 a surtout consisté dans les immenses progrès accomplis dans l'étude de l'enveloppe rosée du Soleil et de ses protubérances. L'objectif principal de l'éclipse de 1870 devait être la couronne lumineuse, beaucoup plus anciennement signalée dans la science, mais encore totalement inconnue, quant à sa nature, quant à son essence même. Malgré les inconvénients résultant d'un ciel peu propice aux observations, les faits acquis pendant cette éclipse sont toutefois importants. Voici comment ils sont appréciés par M. Lockyer, d'après les premiers documents qui lui sont parvenus.

La couche fournissant des raies brillantes, enveloppant la photosphère, et à laquelle il a donné le nom de chromosphère, n'est pas vue complétement par la méthode spectroscopique aujourd'hui en usage, en dehors des éclipses totales. Ce procédé ne nous en montre qu'une portion; les protubérances brillantes qui en émanent prouvent qu'il y a probablement une couche enveloppante d'hydrogène moins chaude et susceptible d'être rendue visible au-dessus du niveau général. Et comme ces protubérances atteignent cinq minutes de hauteur et au delà, il n'est pas déraisonnable de présumer que la chromosphère s'étende à cette distance ou davantage encore.

Le principal but à atteindre, pour les observateurs de l'éclipse, était de s'assurer s'il est possible de distinguer les faisceaux lumineux irréguliers, les panaches de la couronne, d'une couche générale entourant le Soleil, haute de 5 à 6′, et pouvant être la limite de ses enveloppes gazeuses autour de la photosphère.

Le spectroscope, le polariscope et la vision directe pouvaient servir à la fois de procédés d'investigation; mais le

problème se trouve fort compliqué par le fait que les régions circumsolaires peuvent nous envoyer leur lumière propre, ou la lumière réfléchie du Soleil, et que leurs apparences peuvent être influencées par des réflexions ou des réfractions dans l'atmosphère terrestre. Le phénomène, éminemment complexe, peut être plus ou moins solaire, atmosphérique ou subjectif, et les étonnantes diversités de croquis obtenus par des observateurs même très-rapprochés, pourraient faire douter de la possibilité d'arriver à une conclusion à cet égard.

Il est avéré, toutefois, qu'il se compose d'un anneau de 5 à 6′ de largeur entourant le disque occultant de la lune et vu de même par tous les observateurs. Au delà se trouve encore de la lumière que quelques-uns ont vue sous une forme et d'autres sous une autre : tantôt irradiante avec de nombreux rayons, tantôt avec peu, tantôt à l'état de repos, tantôt à l'état de grande agitation.

La partie rayonnante a paru, à plusieurs, plus développée au-dessus des protubérances, et quelques-uns ont constaté que dans ces régions elle était rosée, fait confirmant l'impression éprouvée par eux, que cette portion du phénomène est d'origine terrestre. En effet, sur le Soleil, l'hydrogène qui cause cette teinte est incapable de colorer quoi que ce soit, son éclat étant absorbé par celui de la photosphère. Rien ne serait plus naturel, en revanche, que d'attribuer à la lumière des protubérances la teinte qui, dans sa propre atmosphère, s'étend sur tout ce qui est éclairé par rayonnement.

Il y a, nous l'avons dit, les plus curieuses divergences dans les dessins exécutés par des observateurs, cependant très-rapprochés. Elles feraient croire à une influence considérable de l'élément subjectif, dans l'appréciation de la partie extérieure du phénomène, si des épreuves photographiques fort bien réussies ne venaient pas confirmer cette bizarre diversité.

Une discordance étrange s'est manifestée aussi entre les observations spectroscopiques faites en Sicile et en Espagne.

Une ligne verte près de E a été vue à Agosta avec une fente dirigée tangentiellement au disque. Cette raie, sans doute la même que celle vue en 1869 par les astronomes américains, a été vue en Espagne, à 8′ du bord du Soleil. A Syracuse, cette raie a été vue dans toutes les parties de la couronne jusqu'à 10′ du Soleil, et, dans plusieurs endroits du phénomène, on a aussi constaté un spectre complet d'hydrogène. M. Lockyer y voit autant de preuves de l'origine terrestre de cette partie de la couronne, en rapprochant ces observations du fait que le disque obscur de la Lune donnait identiquement le même spectre.

De ces observations, il conclut que l'on peut considérer la chromosphère, étendue ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, comme composée de couches successives, classées dans l'ordre des densités des vapeurs dans le cas d'éléments connus. Il y aurait extérieurement un élément nouveau correspondant à la raie verte de la couronne ; puis de l'hydrogène sub-incandescent ; de l'hydrogène incandescent ; un second élément nouveau, correspondant à une raie près de D ; du magnésium (raies *b* et autres dans le bleu et le violet) ; du sodium (raie D), du barium, du fer, etc.

Enfin, d'observations faites en Sicile, démontrant la polarisation de la couronne dans le sens radial, il croit pouvoir induire que la couronne non-seulement rayonne de la lumière, mais encore en réfléchit vers nous ; et la lumière blanche de la chromosphère telle qu'elle est vue pendant une éclipse au-dessus des protubérances serait le résultat d'une forte réflexion de lumière solaire.

Ces conclusions de M. Lockyer sont contestées dans un ouvrage sur le Soleil, que vient de publier M. Richard A. Proctor [1], et dans lequel il assigne une origine météorique à la partie externe de la couronne. La lumière qui en provient serait due à la réflexion produite par d'innombrables corpuscules dont on a constaté la présence en si grande abondance autour du Soleil.

[1] The Sun ruler, fire, light and life of the Planetary System. London, 1871.

PHYSIQUE.

A. Weinhold. — Zur Umkehrung... Sur le renversement de la raie du sodium. (*Poggendorffs Annalen*, 1871, nº 2.)

Le procédé ordinaire pour observer le renversement de la ligne spectrale du sodium, consiste à interposer une flamme peu éclairante contenant de la vapeur de sodium entre un corps fortement incandescent et la fente d'un spectroscope. Ce procédé exige que la lumière émise par le corps incandescent ait un grand éclat, pour que les rayons absorbés par la vapeur sodique soient considérablement plus intenses que ceux qu'elle émet elle-même, de telle sorte que la ligne du sodium devienne notablement moins lumineuse que les parties adjacentes du spectre.

On comprend qu'il serait plus facile de produire ce renversement si l'on parvenait à augmenter l'éclat des parties du spectre voisines de la ligne du sodium dans la même proportion que l'éclat de la ligne du sodium est augmenté par la lumière émise par la vapeur du sodium elle-même.

C'est ce qu'il est très-facile de réaliser. On place une petite lampe à pétrole devant la fente d'un petit spectroscope formé seulement du tube qui porte la fente (sans lentille) et d'un prisme très-dispersif, et l'on dispose entre le prisme et l'œil une flamme d'esprit-de-vin fortement colorée par du sel marin et recouvrant tout le spectre. — On aperçoit immédiatement la ligne noire du sodium bien marquée, tandis que si l'on place la flamme d'esprit-de-vin entre la lampe à pétrole et la fente, la ligne du sodium apparaît très-brillante.

Dans la première position de la flamme d'esprit-de-vin, en effet, tout le spectre est éclairé par la lumière jaune émise par cette flamme, ce qui augmente d'autant la diminution d'éclat de la ligne du sodium due à l'absorption, relativement aux parties adjacentes du spectre. Au contraire, quand la flamme sodique est placée au-devant de la fente, l'éclat de

ces parties adjacentes n'est point modifié, et l'affaiblissement de la ligne du sodium dû à l'absorption est plus que compensé par le renforcement provenant de la radiation de la flamme.

Si l'on se borne à frotter la mèche de la lampe avec du sel marin, ce n'est que pendant quelques secondes que la flamme est assez colorée pour produire nettement le renversement. Il est préférable, avant de remplir la lampe d'esprit-de-vin, d'y introduire un peu d'eau saturée de sel. Pour que la ligne du sodium soit bien noire, il convient aussi de frotter de temps en temps la mèche avec les doigts.

Il y a une petite difficulté pour les personnes qui ont la vue basse, à obtenir l'accommodation convenable pour la fente et non pour la flamme sodique. On la rend plus facile en plaçant devant la fente un fil tendu transversalement produisant une ligne horizontale dans toute l'étendue du spectre qui aide à l'ajustement.

L'emploi d'un spectroscope muni de lunettes ne m'a donné aucun résultat satisfaisant; on ne peut pas placer la flamme entre l'oculaire et l'œil, parce qu'il y a trop peu de distance disponible; et entre le prisme et l'objectif, elle rend l'image confuse par les courants d'air qui se produisent. — Il n'était pas possible avec mon appareil de l'introduire par une ouverture que l'on aurait pratiquée soit dans le tube portant la fente derrière celle-ci, soit dans le tube de la lunette entre l'objectif et l'oculaire.

Observation sur la note précédente par M. J.-L. Soret.

Dans un cours que j'ai fait cet hiver j'ai employé, pour montrer le renversement de la ligne du sodium, un procédé très-analogue à celui qu'a décrit M. Weinhold. Je me suis servi dans ce but d'un spectroscope à vision directe d'Hofmann. Je séparai du reste de l'instrument le tube portant la fente et la lentille collimatrice, et je le fixais sur un support de nière à ce qu'il fut écarté de 15 ou 20 centimètres des

prismes. Je plaçai la flamme sodique dans cet intervalle, et on observait le spectre avec la lunette ordinaire.

J'ai ainsi obtenu facilement le renversement de la ligne du sodium en employant une lampe ordinaire à huile (modérateur) comme source de la lumière et une flamme d'alcool salé. Je l'ai obtenu également avec la lumière oxy-hydrique et un bec de gaz de Bunsen dans lequel j'introduisais du sel avec un fil de platine.

On atteindrait peut-être encore mieux le but en remplaçant la lentille collimatrice qui consiste habituellement en une seule lentille convergente, par un système formé d'une première lentille très-convergente et d'une seconde lentille concave, placées à une certaine distance l'une de l'autre et combinées de manière à rendre parallèles après leur passage au travers des deux lentilles les rayons provenant de la fente. La flamme sodique devrait alors être placée entre ces deux lentilles. Il me semble en effet que dans cette disposition les rayons émis par la flamme de sodium rendus plus divergents par la lentille concave, donneraient moins de lumière, et que le champ sur lequel se détache le spectre serait moins fortement lavé de jaune. — J'ai bien tenté quelques essais en ce sens, mais je n'ai pas eu le loisir de les pousser assez loin pour m'assurer si ce procédé présenterait réellement un avantage.

SCHULTZ-SELLACK. UEBER DEN ZUSAMMENHANG.... SUR LA DÉPENDANCE DE L'ABSORPTION OPTIQUE ET CHIMIQUE DE LA LUMIÈRE PAR LES COMBINAISONS HALOIDES DE L'ARGENT. (*Monatsberichte der Academie zu Berlin*, février 1871.)

M. Draper a montré que les espèces de rayons lumineux qui exercent une action chimique sont absorbés par la substance sur laquelle ils agissent. Mais il n'y aurait rien d'impossible à ce que l'inverse ne fût pas vraie et que ces mêmes substances absorbassent des radiations qui n'exerceraient pas d'action chimique.

M. Schultz-Sellack a trouvé qu'il n'en est pas ainsi pour les combinaisons haloïdes de l'argent, lesquelles peuvent être obtenues par fusion en lames transparentes : toutes les couleurs, qui sous une épaisseur de quelques millimètres sont optiquement absorbées d'une manière sensible par ces corps, en produisent en même temps la décomposition. Cependant il n'y a pas proportionnalité entre les deux actions : ainsi la lumière voisine de la ligne G du spectre est faiblement absorbée au point de vue optique, et cependant c'est celle qui agit photographiquement avec le plus d'énergie.

L'auteur donne de nombreux détails sur l'absorption des divers rayons par l'iodure, le bromure et le chlorure d'argent comparativement avec l'action chimique exercée.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

William B. Carpenter. On the temperature, etc. Sur la température et la vie animale dans les grandes profondeurs de la mer. (*Royal Institution of Great Britain*, Febr. 11, 1870.) — Le même. The deap Sea : Les profondeurs de la mer. (*The student and intellectual Observer*, July 1870, p. 225-250 et Oct. 1870, p. 337-367.) — Wyville Thomson. On the depths, etc. Sur les profondeurs de la mer. (*Ann. and Mag. of nat. History*, 1867, vol. IV, p. 121.) — Ernst Hæckel, Beitræge, etc. Contribution a la théorie des plastides. (*Jenaische Zeitschrift*, Bd. V, Heft 3.) — Alex. Agassiz. Preliminary Report, etc. Rapport préliminaire sur les Echinides et les étoiles de mer draguées dans les profondeurs de la mer entre Cuba et le récif de Floride, par L.-F. de Pourtalès. (*Bulletin of the Museum of comparat. Zoology*, Nov. 1869, p. 253-308.) — Theod. Lyman. Preliminary Report, etc. Rapport préliminaire sur les Ophiurides et les Astrophytons dragués dans les profondeurs de la mer entre Cuba et le récif de Floride, par L.-F. de Pourtalès

(Ibid. p. 309.) — L. F. de POURTALÈS, List, etc. LISTES DE CRINOÏDES ET D'HOLOTHURIES RECUEILLIS DANS LES DRAGUAGES A GRANDES PROFONDEURS par la COAST SURVEY DES ÉTATS-UNIS. (Ibid. p. 310-362.) — L. AGASSIZ. REPORT, etc. RAPPORT SUR LES DRAGUAGES A GRANDE PROFONDEUR DANS LE GULF-STREAM DURANT LA TROISIÈME CROISIÈRE DU STEAMER « BIBB. » (*Ibid.* p. 363-386). — G.-O. SARS : NYE DYBVAND CRUSTACEER, etc. NOUVEAUX CRUSTACÉS VIVANT A DE GRANDES PROFONDEURS DANS LES LOFADES. (*Vidensk. Selskabets Forhandlinger*, Christiania, for 1869). — LE MÊME. RECHERCHES SUR LA FAUNE MARINE PROFONDE DU FJORD DE CHRISTIANIA, FAITES DURANT UN VOYAGE ZOOLOGIQUE DANS L'ÉTÉ DE 1868. (*Undersögelser over Christianiafjordens Dybvandsfauna, anstittide paa en i Sommeren 1868 foretagen zoologisk Reise.* — Christiania, Dahl, 1869, br. 8°.)

Depuis notre publication dans ces *Archives*[1] d'une revue des principaux travaux relatifs aux sondages faits à de grandes profondeurs dans diverses mers, de nombreuses recherches ont été entreprises sur le même sujet. Nous pensons donc bien faire de compléter aujourd'hui notre premier article par un second.

Commençons par les explorations anglaises. On peut dire qu'elles doivent leur origine aux succès qui couronnèrent les draguages à de grandes profondeurs opérés aux Lofods et sur d'autres points de la côte de Norwége par M. Georges Ossian Sars, agissant comme inspecteur officiel des pêcheries. Ce sont ces succès qui poussèrent M. Wyville Thomson à faire les démarches nécessaires auprès du gouvernement britannique dans le but d'obtenir les moyens de faire des recherches analogues. Ces démarches conduisirent à l'expédition du « Lightning » dont nous avons précédemment rendu compte. Une seconde expédition fut résolue au prin-

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.* 1869, t. XXXV, p. 321.

temps de l'année 1869 et l'Amirauté désigna à cet effet le steamer *Porcupina*, muni de tous les engins nécessaires.

L'expédition du *Porcupina* fut divisée en trois croisières. La première, placée sous la direction scientifique de M. Groyn Jeffreys et accompagnée par M. W. L. Carpenter comme chimiste, commença à Galway vers la fin de mai et se termina à Belfast, au commencement de juillet. Elle fut d'abord dirigée vers le sud-est, puis vers l'ouest et enfin vers le nord-ouest jusqu'au « Rockall Bank. » La plus grande profondeur à laquelle on opéra des mesures de température et des draguages atteignît 1476 brasses. Ces opérations réussirent si complétement qu'on peut augurer avec certitude le succès de recherches poussées à des profondeurs plus grandes encore.

La seconde croisière, placée sous la direction scientifique de M. Wyville Thomson, avec M. Hunter comme aide chimiste, fut dirigée sur le point le plus rapproché où l'on savait exister une profondeur de 2500 brasses, à savoir l'extrémité septentrionale de la baie de Biscaye, à 250 milles à l'ouest d'Ushaut. Dans cette expédition les mesures de température et les draguages ont été poussés jusqu'à la profondeur extraordinaire de 2345 brasses, soit près de trois milles anglais. Cette profondeur est presque égale à la hauteur du Mont-Blanc et excède de plus de 500 brasses les points les plus profonds de la ligne du câble transatlantique. Le fond de la mer, qui supporte une pression de près de trois tonnes par pouce carré, présente des conditions favorables au développement d'une vie animale fort riche. Un demi-quintal de « boue atlantique » ramené de cette profondeur par la drague s'est trouvé formé principalement de Globigérines, au milieu desquelles se trouvaient divers types d'organismes plus élevés dans la série animale : échinodermes, annélides, crustacés et mollusques. Parmi les échinodermes il faut signaler surtout un nouveau crinoïde appartenant (comme le Rhizocrinus de M. Sars dont nous avons parlé ailleurs) au type des Apiocrinites qui florissait pendant la période oolitique.

La troisième croisière fut confiée à la direction de M. le professeur Will. Carpenter, avec M. P. H. Carpenter comme aide-chimiste. M. Wyville Thomson était d'ailleurs de la partie et dirigeait les opérations de draguage. L'objet de cette croisière, qui commença vers le milieu d'août pour se terminer vers le milieu de septembre, était une étude approfondie de l'aire qui s'étend entre le nord de l'Ecosse et les Feroë. C'est en effet le lieu où le « Lightning » avait révélé une inégalité extraordinaire de la température, comme aussi de la distribution de la vie animale au fond de la mer.

Pénétrer les abîmes insondables de l'Océan n'est point chose facile et les divers procédés de sondage sont exposés à de nombreuses erreurs. M. Carpenter pense même qu'il faut rejeter toutes les anciennes observations relatives à des profondeurs de six ou huit milles, ou davantage. La sonde adoptée par l'expédition anglaise est une sonde à charge perdue, c'est-à-dire une de celles où le poids n'est pas fixé à la corde elle-même, mais à un appareil qui l'oblige à se détacher dès qu'il touche le sol. La corde est assez forte, non-seulement pour supporter une tension considérable pendant que le poids descend, mais encore pour ramener à la surface l'appareil qui chasse le poids et les instruments qui y peuvent être joints, même d'une profondeur de trois milles. Le choc contre le fond de la mer à une telle profondeur est assez sensible pour être reconnu par une main exercée, et l'opération du dévidement se faisant avec grande facilité, il est possible de conserver à la ligne une direction verticale, surtout à l'aide d'un steamer plutôt que d'un bâtiment à voile.

Pour rapporter des spécimens du sol au fond de la mer, on emploie généralement « l'appareil du Boule-dogue, » c'est-à-dire un instrument imaginé par M. Wallich pour le voyage du vaisseau le *Boule-dogue*. Cet appareil est construit sur le plan d'un moule à balles : deux coupes hémisphériques tenues écartées l'une de l'autre par un ressort pendant la descente de la sonde, se rapprochent dès que celle-ci tou-

che le fond et enferment entre elles une certaine quantité de limon ou de sable. Cependant l'expédition du « Porcupine » a donné la préférence à « l'appareil de l'Hydre, » c'est-à-dire à un instrument inventé par M. Shortland, capitaine de vaisseau l'*Hydra* de la marine royale d'Angleterre. C'est un fort tube muni de valvules qui s'ouvrent de bas en haut, de manière à permettre à l'eau de le traverser librement pendant la descente, tandis que la vase ou le sable qui pénètrent dans l'intérieur, lorsque la sonde touche le sol, restent prisonniers par suite de la fermeture des valvules. Dans l'expédition du *Porcupine* on chargeait la sonde d'un seul plomb, du poids d'un quintal, toutes les fois que la profondeur était supposée ne pas excéder mille brasses ; on la chargeait de deux plombs pour les sondages compris entre mille et quinze cents brasses et de trois pour les sondages plus profonds.

La pression de la colonne d'eau exerce sur les thermomètres, dès qu'il s'agit d'une profondeur un peu considérable, une influence bien plus considérable qu'on ne le pensait il y a peu d'années. Aussi les déterminations de température au fond de l'Océan sont-elles dépourvues de valeur, si l'on n'emploie des instruments dans lesquels cette influence est éliminée, ou au moins des instruments dont on a déterminé expérimentalement l'erreur à des pressions diverses. Toutes les anciennes observations sur lesquelles était basée la doctrine d'une température uniforme de 4° C. dans les grandes profondeurs sont aujourd'hui sans valeur.

Toutes les mesures de température de l'expédition du « Porcupine » ont été prises avec des instruments enregistreurs de la construction de Six. Dans ces instruments les effets de la pression sont éliminés par le soin que l'on a eu d'enfermer la boule du thermomètre dans une seconde boule soudée au col du tube. Les trois quarts de l'espace compris entre les deux boules sont remplis d'alcool : le dernier quart est laissé vide, de manière à permettre une réduction quelconque de la capacité de la boule externe sans qu'aucune pression soit exercée sur la boule interne. Cette disposition,

imaginée par M. le professeur W. A. Miller, a été si bien exécutée par M. Casella que des thermomètres ont pu être soumis à une pression de trois tonnes par pouce carré, sans subir plus qu'une élévation insignifiante. Cette modification était même due, en partie tout au moins, à l'élévation de température résultant de la pression subie par l'eau dans laquelle les thermomètres étaient plongés pendant l'expérience. Des thermomètres ordinaires soumis à la même expérience accusent une variation de 5 à 6° et parfois même de 30 à 35° C.

Les opérations du « Lightning » faites en 1860, il est vrai à l'aide de thermomètres non protégés contre l'effet de la pression, avaient révélé ce fait curieux qu'il existe deux climats sous-marins très-différents l'un de l'autre dans le profond détroit situé entre le nord de l'Ecosse et les Feröe. Un minimum de température de 0° avait été enregistré dans certaines parties de ce canal, tandis que d'autres points situés à égale profondeur et par la même température de la surface (environ 11°) donnaient des indications qui n'étaient jamais inférieures à 7°.8. Il ne fut, il est vrai, pas possible de démontrer que ces températures minima fussent celles du *fond* lui-même : cependant la chose est fort probable, pour deux raisons : la première c'est qu'il est fort improbable que de l'eau de mer à 0°, vu sa densité, puisse être superposée à de l'eau présentant une température plus élevée, à moins que les deux couches ne soient animées d'un mouvement en sens opposé assez rapide pour être appréciable. La seconde raison c'est que la vie animale, dans l'aire froide (dont le sol est formé d'un sable quartzieux renfermant des particules volcaniques), a un caractère décidément boréal : tandis que l'aire chaude (à sol de Globigérines) offre une faune caractéristique des mers tempérées chaudes.

L'expédition du Porcupine a entièrement confirmé ces résultats, tout en obligeant à de légères corrections dans les nombres de degrés, par suite de la circonstance que les thermomètres du Lightning n'étaient point protégés par une

double boule. Ces faits restent acquis à la science. Il est démontré en outre qu'une température de 1°,4 au-dessus du point de congélation de l'eau douce peut régner au fond de la mer, dans une région fort distante du pôle, et que cet extrême abaissement de température est compatible avec l'existence d'une faune nombreuse et variée.

Pendant la première et la seconde croisière du « Porcupine » la température du bord oriental du grand bassin de l'Atlantique septentrional a été examinée à des profondeurs variant de 54 à 2435 brasses, entre le 47° et le 55° de latit. Le nombre total des observations a été de 84. La coïncidence de température à des profondeurs correspondantes est remarquablement exacte, les principales différences ne se manifestant qu'à la surface ou dans les couches d'eau très-voisines de celle-ci. Entre 100 et 500 brasses, le taux de l'abaissement est minima, car il n'excède pas 1°,7, soit 0°,42 pour 100 brasses. Cependant entre 500 et 750 brasses le taux s'élève à 1°,1 pour 100 brasses, et entre 750 et 1000 brasses il atteint même 1°,7. En comparant cette décroissance de la température dans le grand bassin atlantique avec la décroissance bien plus rapide de l'air froid déjà mentionnée, on est amené à reconnaître une relation très-remarquable entre ces deux séries : les changements thermométriques exigent une descente bathymétrique bien plus considérable dans le grand bassin que dans l'aire froide, mais la proportion reste toujours la même.

Le passage du courant polaire par le profond canal qui sépare l'Ecosse des Feroë est facilement explicable. En effet, entre le Groënland et l'Islande la profondeur de la mer est bien suffisante pour laisser passer librement le courant d'eau glacée, mais il n'en est plus de même entre l'Islande et les Feroë. Ici nous ne rencontrons nulle part de profondeur aussi considérable que 300 brasses, sauf dans un étroit canal à l'angle sud-est de l'Islande. Le mouvement de l'eau froide vers l'équateur se trouve donc arrêté d'une manière effective par cette barrière. C'est ce qui arrive d'une façon encore

plus efficace entre la Grande-Bretagne et la Norwége, où la mer du Nord ne présente nulle part de grande profondeur. Il est donc naturel que le courant polaire s'engage dans le profond canal situé entre l'Ecosse et les Feroë [1].

Relativement à la composition de l'eau de mer, certains faits nouveaux ont été mis au jour par l'expédition « du Porcupine, » faits qui expliquent la possibilité d'une vie animale très-abondante à une profondeur où il n'existe plus de végétaux. De nombreux échantillons d'eau de mer, pris à la surface et à différentes profondeurs, dans des stations éloignées des côtes, ont été soumis à l'épreuve du permanganate d'après la méthode de M. F.-A. Miller, en y introduisant une modification proposée par M. Angus Smith. Cette modification a pour but de distinguer les matières organiques *en état de décomposition* de celles qui sont *simplement décomposables*. Or il est résulté de ces observations que l'eau de mer renferme toujours une certaine quantité de matière organique dans ce dernier état, une sorte de protoplasma à un degré de dilution extrême, mais pouvant servir de nourriture aux animaux, puisqu'elle n'est point en décomposition. De soigneuses analyses de cette matière faites par M. Frankland, établissent son extrême richesse en azote. Les sources de cette matière organique doivent être cherchées, selon M. Wyville Thomson, dans les plantes et les animaux vivant à la surface de la mer, surtout près des côtes. Tout rivage est bordé dans la règle d'une frange de plantes marines s'étendant jusqu'à une profondeur d'environ un mille, et ces plantes de couleur olivâtre ou rouge sont couvertes de myriades d'animaux. La surface de chaque plante et de chaque animal déverse continuellement dans l'eau, pendant toute la vie, une exudation muqueuse. On peut s'en assurer dans le premier aquarium venu. La quantité de mucus ainsi versée

[1] Nous aurons très-prochainement l'occasion de revenir avec plus de détails sur les résultats relatifs à la physique terrestre obtenus dans ces croisières. (*Réd.*)

dans l'Océan par les prairies sous-marines, en particulier par la mer de Sargasses, qui occupe trois millions de milles carrés au milieu de l'Atlantique, cette quantité disons-nous, est énorme. La matière organique est transportée dans toutes les profondeurs et dans tous les sens, soit par la circulation des courants océaniques soit par la diffusion liquide, ce phénomène si bien étudié par Graham.

L'étude des gaz dissous dans l'eau de mer a fourni des résultats très-remarquables au point de vue de la biologie. Les proportions moyennes des gaz contenus dans les eaux de surface sont les suivants : oxygène 25,1 ; azote 54,2 ; acide carbonique 20,7. Mais ces proportions sont sujettes à de très-grandes variations. Comme règle générale la quantité relative d'oxygène diminue et celle d'acide carbonique augmente avec la profondeur. Les analyses des eaux *intermédiaires* donnent une moyenne de 22.0 d'oxygène, 52,8 d'azote et 26.2 d'acide carbonique, tandis que les analyses d'*eau de fond* donnent une moyenne de 19.5 d'oxygène, 52.6 d'azote et 27.9 d'acide carbonique : toutefois l'*eau de fond* à une profondeur relativement considérable contient souvent autant d'acide carbonique et aussi peu d'oxygène que l'*eau intermédiaire* de profondeurs bien plus considérables. En réalité, les proportions d'oxygène et d'acide carbonique sont liées beaucoup plus intimement à l'abondance de la vie animale (surtout des types élevés) qu'à la profondeur, comme cela résulte des opérations de draguage. On en sera frappé dans l'exemple suivant d'analyses d'eau recueillie à diverses profondeurs dans une seule et même localité :

	750 brasses	800 brasses	862 brasses (fond).
Oxygène	18,8	17,8	17,2
Azote	49,3	48,5	34,5
Ac. carbonique	31,9	33,7	48,3

L'augmentation remarquable d'acide carbonique dans la couche d'eau avoisinant le sol coïncidait dans ce cas avec la présence d'une faune extrêmement riche. Au contraire, dans

les cas où l'eau de fond a fourni une proportion relativement très-faible d'acide carbonique, la drague n'a ramené presque rien en fait d'animaux. Il semble donc que l'accroissement dans la proportion de l'acide carbonique et la diminution dans celle de l'oxygène dans les abîmes de l'Océan sont intimement liées aux phénomènes respiratoires aussi nécessaires au développement de la vie animale dans ces régions, que la présence de protoplasma dissous dans l'eau. Vu l'absence de toute vie végétale à cette profondeur (absence également constatée par M. Agassiz), il est évident que la consommation continuelle d'oxygène et la mise en liberté également incessante d'acide carbonique rendraient bientôt parfaitement irrespirable la couche d'eau la plus voisine du fond, sans la diffusion de l'acide carbonique vers le haut à travers les eaux intermédiaires jusqu'à la surface, et la diffusion de l'oxygène vers le bas jusqu'au fond. Un échange de gaz a lieu continuellement à la surface de l'Océan entre l'eau de mer et l'atmosphère. C'est ainsi que la respiration de la faune profonde a lieu grâce à un phénomène de diffusion à travers une couche d'eau intermédiaire épaisse de trois milles et davantage.

L'expédition du Porcupine a entièrement confirmé les nombreuses observations antérieures relatives au rôle important des Foraminifères et plus particulièrement des Globigérines au fond de l'Océan, observations qui ont fait dire que nous sommes encore en pleine époque crétacée. Il a été possible même de résoudre une question chaudement controversée naguère, celle de savoir si les Globigérines *vivent* au fond de l'Océan, ou bien si elles flottent près de la surface, laissant simplement tomber leur coquille au fond de l'abîme, lorsqu'elles viennent à mourir. Si cette dernière alternative était la vraie, il n'y aurait pas de raison pour que les Globigérines ne fussent pas disséminées partout de la même manière sans égard pour la température du fond, celle de la surface étant la même. Or c'est ce qui n'a point lieu. Les Globigérines manquent dans l'aire froide située entre

l'Ecosse et les Feroë, malgré la température élevée de l'eau de surface. Aussi doit-on admettre très-positivement que ces animaux vivent bien au fond de l'Océan. D'autres foraminifères existent en revanche dans la région froide et parmi eux des formes remarquables appartenant au *type arénacé*, type dans lequel la coquille calcaire de la *série porcelaineuse* et de la *série vitreuse* (Carpenter) est remplacée par une enveloppe de grains de sable cimentés ensemble avec une symétrie et une régularité parfois étonnantes.

On se souvient que M. Huxley a découvert, dans la craie en voie de formation au fond de l'Océan, des masses de matières organiques considérables qu'il considère comme du protoplasma. Cette manière de voir a été entièrement confirmée par l'expédition du Porcupine. M. Wyville Thomson décrit la boue océanique au moment où la sonde la ramène à la surface comme douée de vie; elle se divise en masses glaireuses comme si elle était mêlée de blanc d'œuf, et le microscope enseigne que ces masses sont animées d'un mouvement incessant. C'est du sarcode, du protoplasma vivant. M. Wyville Thomson considère ces masses sarcodiques comme une sorte de mycélium diffus de diverses éponges; toutefois les éponges ne paraissent pas assez abondantes dans ces abîmes océaniques pour que cette opinion ne semble pas devoir subir une légère modification. On sait que lors des recherches faites en 1857 pour la pose du câble transatlantique, M. Huxley découvrit en très-grandes quantités, dans la boue de globigérines du fond de l'Océan, de très-petits corpuscules calcaires, les *coccolithes* dont il a été question à diverses reprises dans les *Archives*. Ces corpuscules présentent deux formes distinctes, ce qui les a fait distinguer en *discolithes*, de forme simplement orbiculaire ou myptique, et en *cyatholithes* dont la structure plus complexe rappelle celle des amphidisques des spongilles. En 1860 M. Wallich reconnut que ces coccolithes sont souvent groupés de manière à pousser des boules auxquelles il donna le nom de *coccosphères*. Il montre en outre, ainsi que M. Sorby, que

ces corpuscules se retrouvent avec les mêmes caractères dans les dépôts de l'époque crétacée. M. Sorby pense que tous les coccolithes proviennent de la désagrégation de coccosphères, tandis que M. Huxley pense que ces dernières, vu leur rareté relative, résultent de l'agrégation secondaire de coccolithes, question évidemment encore indécise. Au point de vue strictement *anatomique* il est seulement permis de dire, surtout depuis les recherches de M. Hæckel sur ce sujet, que les cyatholithes sont des discolithes réunis deux à deux et les coccosphères des groupes de coccolithes soudés ensemble. Quoi qu'il en soit, ces corpuscules paraissent être semés dans les masses sarcodiques du fond de l'Océan, dont ils formeraient une partie essentielle. Ce seraient des fragments de protoplasmas incrustés de carbonate de chaux, car M. Hæckel a démontré que ces corpuscules renferment une base organique, et ils seraient morphologiquement comparables aux spicules des Radiolaires et des Spongiaires. M. Huxley a donné le nom de *Bathybius Hæckeli* aux masses protoplasmiques du fond de l'Océan dont les relations avec les coccolithes et les coccosphères seraient par conséquent les mêmes que celles des parties molles d'un Sphœrosoum ou d'une éponge avec les spicules qu'elles engendrent dans leur intérieur. Ce Bathybius paraît former des masses énormes au fond de l'Océan, tantôt en paquets plus ou moins compacts, comme un Protomœba, tantôt sous la forme d'un énorme plasmodium réticulé, comparable aux Protogènes et aux Myxodyctium de M. Hæckel. Cette opinion fort séduisante de M. Huxley a gagné beaucoup en vraisemblance par les recherches soigneuses de M. Hæckel sur ce sujet. Le professeur d'Iéna a surtout le mérite d'avoir distingué le véritable protoplasma vivant des parties gélatineuses qui avaient été confondues avec lui. Cette distinction est basée sur des réactions microchimiques. M. Hæckel ne reconnaît comme protoplasma du Bathybius (et en cela il a certainement raison) que les parties qui se colorent en rouge par l'action d'une solution ammoniacale de carmin,

en jaune par une solution d'iode dans l'iodure de potassium. et en jaune par l'acide azotique. En revanche, M. Hæckel ne se prononce pas d'une manière parfaitement définitive sur la question des relations des coccolithes et des coccosphères avec le protoplasma. Il penche bien vers l'opinion de M. Huxley d'après laquelle ces corpuscules calcaires seraient au Bathybius ce que les spicules sont aux éponges et aux Radiolaires. Toutefois il est rendu hésitant par la découverte faite par lui dans l'Archipel des Canaries d'un genre de Radiolaires, voisin des Thalassicolles, caractérisé par des spicules calcaires très-semblables aux coccolithes et aux coccosphères. ou même identiques à ces corpuscules. Ces Radiolaires, auxquels M. Hæckel a donné le nom de *Myxobrachia*, forment à la surface de la mer des masses gélatineuses d'un demi-pouce de long. Les coccolithes leur appartiennent-ils en propre, ou pénètrent-ils dans leur tissu avec la nourriture? Dans la dernière hypothèse il est difficile de comprendre comment les coccolithes arriveraient jusqu'à la surface de la mer, et pourtant l'existence d'une Thalassicolle assez voisine de forme des Myxobrachia, mais dépourvue de coccolithes, ne permet pas de la rejeter entièrement. D'autre part il paraît bien difficile d'admettre que les coccolithes du Bathybius ne soient que des corpuscules de Myxobrachia tombés au fond de la mer après la mort de ces Radiolaires. — Malgré ces points encore obscurs, M. Hæckel n'hésite pas à assigner au Bathybius une place parmi ses monères, c'est-à-dire dans sa classe des *Protistes* admise jusqu'ici par un petit nombre de naturalistes seulement.

Le caractère le plus remarquable, au point de vue zoostatique, de l'aire froide si bien étudiée par MM. Thomson et Carpenter, c'est sa richesse extraordinaire en Echinodermes. Les types prédominants ont un caractère décidément boréal et même arctique. MM. Carpenter et Thomson ont retrouvé presque toutes les formes de ce groupe rencontrées par les naturalistes scandinaves dans les fjords de Norwége et ils ont été particulièrement frappés de l'abondance d'une Co-

matule (*Antedon Eschrichtii*) qui n'était connue jusqu'ici que du voisinage de l'Islande et du Groënland. D'autre part les formes méridionales, trouvées dans l'aire froide, sont tellement réduites de taille, qu'on serait disposé à les considérer comme des espèces distinctes, n'était leur identité sous tous les autres points de vue avec les espèces auxquelles les savants anglais les rapportent. C'est ainsi que le diamètre du *Solaster papposa* est réduit de six pouces à deux et que le nombre des antimères de cet astéride ne dépasse jamais dix. Quelques formes entièrement nouvelles ont été aussi découvertes. C'est le cas en particulier pour un Clypéastroïde qui a été également recueilli par M. Pourtalès dans les draguages du Gulf-Stream. M. Alex. Agassiz lui a donné le nom générique de *Pourtalesia*. Il le regarde comme un représentant actuel des *Infulaster* de la période crétacée. Par sa forme très-allongée, lagéniforme, cet échinoderme ressemble plus à un Holothuride qu'à un oursin proprement dit : la bouche est placée à l'une des extrémités, et l'anus près de l'autre, à savoir de celle qui représente un cou de bouteille. Le nom spécifique de *miranda* que lui attribue M. Agassiz est donc bien mérité, surtout si l'on tient compte de cette circonstance remarquable que les téguments de cet échinoderme sont transparents.

Les crustacés de l'aire froide sont en partie commun à la faune du Spitzberg, en partie à celle de la Norwége. On rencontre en abondance des Pycnogonides gigantesques, c'est-à-dire mesurant en travers, avec les pieds étendus, jusqu'à 4 ou 5 pouces. On trouvera en général les petites espèces littorales enfouies dans la couche gélatineuse qui suinte de la surface des algues, et la conformation de la bouche de ces animaux, propre à la succion, permet de supposer qu'ils se nourrissent de cette gelée. M. Carpenter admet par analogie que les Pycnogonides gigantesques du fond de la mer se nourrissent de la substance sarcodique des éponges et des Rhizopodes.

Les mollusques, qui dans d'autres localités fournissent la

plus ample récolte à la drague, n'offrent dans l'aire froide qu'une importance secondaire relativement aux groupes déjà mentionnés. D'ailleurs la différence de faune entre l'aire froide et l'aire chaude a paru beaucoup moins considérable pour les mollusques que pour d'autres groupes. Un des types les plus intéressants est un brachiopode trouvé à une profondeur de 345 brasses par une température de —1°,1. C'est la *Terebratula septata* de Philippi (*T. septigera* Loven). Une variété de cette espèce trouvée dans les couches pliocènes de Messine a été décrite par M. Sequenza sous le nom de *T. Peloritana*, et cette variété est évidemment identique avec la *Waldheimia Floridana* Pourt. draguée en si énorme quantité par M. Pourtalès dans le golfe du Mexique. La taille relativement colossale des individus pêchés par MM. Carpenter et Thomson dans le canal des Shetland, montre que l'eau froide est décidément le séjour le plus favorable au développement de ce mollusque. Un autre brachiopode de la même localité est la *Platydia anomioïdes* Scacchi (*Morrisia* Davidson) qu'on croyait jusqu'ici localisée, au moins autant qu'espèce actuelle, dans la Méditerranée. Les exemplaires de l'aire froide de Carpenter étant bien plus grande que ceux de la Méditerranée, il semble probable que l'origine de l'espèce est boréale, peut-être même arctique.

Un grand nombre de coraux ont été trouvés par les savants anglais entre 500 et 600 brasses. Plusieurs d'entre eux sont identifiables avec des espèces découvertes par M. Pourtalès dans ses draguages du Gulf-Stream ou avec des espèces fossiles conservées dans les dépôts tertiaires d'Italie et de Sicile. Plusieurs de ces coraux présentent une taille bien plus considérable que leurs représentants plus méridionaux. Aucune des espèces recueillies n'appartient à des genres connus pour former des récifs. La doctrine des *aires d'affaissement* et des *aires d'élévation* fondée par M. Darwin sur des observations qui montrent que les récifs de coraux ne peuvent croître à une profondeur plus grande que vingt brasses,

cette doctrine, disons-nous, n'est donc point ébranlée par les découvertes de MM. Thomson et Carpenter.

Un des caractères les plus remarquables de l'aire froide, c'est la grande abondance d'éponges. Ce fait a peut-être une importance physiologique particulière, surtout lorsqu'on le rapproche de l'abondance bien plus grande encore des Globigérines, d'autres Foraminifères et des Bathybius dans l'aire chaude. Malgré la différence qui sépare ces groupes quant à la forme et à la structure de leur squelette dur, tout biologiste reconnaîtra sans difficulté les affinités qui les réunissent. M. Carpenter pense que tous ces êtres jouissent de la propriété de s'imbiber de la substance sarcodique que nous avons vue être dissoute dans l'eau de mer et s'en nourrir; de l'assimiler en un mot, comme ils assimilent le carbonate de chaux et la silice dissous, pour former leur squelette dur. Cette hypothèse une fois admise, l'alimentation de tant d'animaux à organisation plus complexe dans les régions profondes de la mer, n'offrirait plus rien que de très-compréhensible.

Sur les limites de l'aire chaude et de l'aire froide les savants anglais ont trouvé, en compagnie du célèbre *Hyalonema Sieboldii*, un nouveau type de spongiaire auquel ils ont donné le nom de *Holtenia Carpenteri*. Ce magnifique Porifère mérite ici une mention toute spéciale à cause de ses affinités avec de singuliers fossiles de la craie blanche connus sous le nom de *Ventriculites*, fossiles dont la position dans le cadre zoologique était jusqu'ici incertaine.

La grande importation faite récemment en Europe des splendides *Euplectella* des Philippines a familiarisé tout naturaliste avec un type d'éponges, dans lequel le squelette corné (renfermant le plus souvent dans son intérieur des spicules siliceux ou calcaires plus ou moins abondants) est remplacé par un squelette *entièrement siliceux*. Ce groupe a été distingué par M. Wyville Thomson sous le nom de *Porifera vitrea*, soit éponges vitreuses. Là viennent se ranger les *Dictyocalyx* des Barbados, les *Hyalonema* du Japon, les

Aphrocallistes de la côte du Portugal et divers autres genres. Chez une partie de ces Porifères, comme les Euplectella, les principaux spicules du squelette sont pour ainsi dire soudés ensemble, de manière à ne pouvoir être séparés les uns des autres. Ils forment donc un squelette continu, même lorsqu'on a détruit les dernières traces de matière organique par l'ébullition dans l'acide azotique. Mais chez d'autres, et c'est le cas des Holtenia, les spicules sont unis ensemble d'une manière moins intime et peuvent, en grande partie tout au moins, être séparés les uns des autres par la destruction complète de la matière organique. Ces formes-là forment donc un passage des éponges vitreuses aux éponges siliceuses ordinaires où les spicules sont semés dans une base cornée.

L'*Holtenia Carpenterii* a la forme d'un navet, dont la partie supérieure serait excavée de manière à former une coupe. L'ouverture de cette coupe est entourée d'une élégante collerette de spicules rayonnants, effilés à la pointe. L'extrémité opposée se termine en une sorte de barbe touffue, composée de spicules cylindriques allongés qui s'enfoncent dans le limon sous-jaçant comme la « corde de cristal des Japonais » le fait pour les Hyalonema.

Les *Ventriculites* de la craie forment un groupe qui a beaucoup embarrassé les paléontologistes, en partie peut-être par suite de l'action métamorphique subie par leurs squelettes fossilisés. Ils ont en général la forme de vases gracieux, de tubes ou de cylindres, ornés de sillons d'arêtes et d'autres reliefs ; leur partie supérieure s'étale souvent en une lèvre qui simule une coupe, tandis que l'extrémité opposée s'allonge en un faisceau de fibres. Ces corps paraissent formés de tubes très-fins, quelquefois vides, quelquefois remplis de matière calcaire, colorée par du peroxyde de fer. M. Toulmin Smith, qui s'est occupé avec soin des Ventriculistes, il y a quelques années déjà, est arrivé à penser que ces êtres avaient plus d'affinité avec les Bryozoaires qu'avec les Porifères, et M. Bowerbank, qui maintenait néanmoins leur

caractère de spongiaires, n'avait pu découvrir aucune éponge actuelle présentant une affinité décidée avec eux. Toutefois, M. Wyville Thomson, après une comparaison attentive de la structure des Ventriculites avec celle des éponges vitreuses, est arrivé à la conclusion que ces fossiles appartiennent au groupe de ces dernières. Il explique la disparition de la silice de leur squelette par un procédé de dissolution chimique, qui aurait entraîné la silice au loin pour former les rognons de silex, ne laissant subsister que les moules du squelette dans la craie. Loin de regarder les Ventriculites comme représentant un groupe zoologique aujourd'hui éteint, il pense que ce groupe atteint dans les mers actuelles un développement bien plus grand que dans la période crétacée. On voit que la découverte des Holtenia, en jetant un jour inattendu sur cette question paléontologique, prend une importance aussi grande que la découverte des Rhizocrinus et des Pourtalesia.

La riche récolte rapportée par M. Pourtalès des sondages du Gulf-Stream dont nous avons rendu compte précédemment, fournit d'amples matériaux d'études aux naturalistes de Harvard College. Nous avons sous les yeux les rapports préliminaires sur les Échinodermes rédigés par M. Alex. Agassiz, M. Lyman et M. Pourtalès lui-même. Ces rapports sont tellement concis qu'il n'est guère possible d'en donner une analyse, puisqu'ils ne sont eux-mêmes que l'analyse d'un ouvrage important qui paraîtra sous le nom de « Catalogue illustré. » Cependant nous indiquerons brièvement quelques-uns des points qui nous ont paru les plus remarquables relativement aux affinités réciproques des échinodermes. Parmi les Échinides recueillis par M. Pourtalès, il s'en trouve une foule de très-petite taille qui ne sont que de jeunes individus, quelques-uns sont même si petits qu'ils ne devaient pas avoir terminé depuis longtemps la résorption de leur pluteus au moment de leur capture. Ces jeunes exemplaires ont été étudiés avec grand soin par M. Alex. Agassiz. Ce savant y a trouvé non-seulement les éléments de

l'histoire de la croissance de plus de trente espèces, mais encore des points de vue très-nouveaux sur les affinités de diverses familles d'Échinides.

Il est d'ailleurs probable que dans cette étude minutieuse des jeunes individus, il n'eût pas été possible de dresser un catalogue spécifique satisfaisant de la collection de M. Pourtalès. M. Alex. Agassiz montre en effet que les changements subis par une espèce dans son développement, ainsi que cela résulte de l'examen d'une série de jeunes individus, sont assez considérables pour que l'on pût être tenté au premier abord d'attribuer les deux termes extrêmes de la série non-seulement à deux espèces, mais encore à deux genres ou même à deux familles distinctes. Cette étude entraînera forcément l'élimination d'un grand nombre d'espèces et de genres et fournira à M. Agassiz une base solide pour une révision complète des Échinides.

Il n'est pas possible de passer ici en revue toutes les particularités remarquables du développement signalées par M. Agassiz. Nous en choisirons seulement un petit nombre pour en faire saisir la portée.

Chez le *Toxopneustes Drobachiensis* Ag., l'oursin qui vient de terminer la phase de pluteus, ne possède qu'un petit nombre de gros tubercules avec mamelon, limités à l'ambitus (phase de Podocidaris et de Podophora). Dans le stade suivant il existe deux rangées principales de gros tubercules occupant le test entier (phase de Cidaris, sans tubercules miliaires). Ces tubercules augmentent de nombre avec l'âge, les piquants représentent successivement les formes caractéristiques des Rhabdocidaris, des Cidaris, des Echinocidaris et enfin des Toxopneustes. Dans les premiers stades l'ouverture actinale est fort grande (forme d'Echinocidaris), dépourvue d'échancrure (forme de Cidaris); elle occupe la surface actinale presque tout entière. A mesure que le test croît, cette ouverture devient relativement plus petite, et son bord s'échancre légèrement (forme de Psammechinus). Le système anal est formé dans le principe par une plaque suba-

nale unique, apparaissant avant la formation des plaques génitales et des plaques oculaires. Cette pièce l'emporte pendant longtemps, en grandeur, sur les autres plaques qui apparaissent pour couvrir le système anal à mesure qu'il s'accroît. L'axe de symétrie fourni par cette plaque subanale n'a pas de relations fixes avec la plaque madréporique, car il est opposé à différentes plaques génitales à différentes époques de la croissance. Ce fait doit être rapproché de la position oblique de la plaque subanale chez les Salénides. Le système abactinal passe ensuite par une phase qui rappelle les Echinocidaris et les Trigonocidaris, sauf qu'il y a cinq plaques anales au lieu de quatre. L'arrangement des pores dans la zone porifère passe successivement par des phases correspandant aux Cidaris, puis aux Hemicidaris, aux Pseudodiadema, aux Echinocidaris, aux Heliocidaris.

Les autres oursins réguliers présentent dans leur croissance des modifications analogues à celles des Toxopneustes. Mais nulle part dans ce groupe M. A. Agassiz ne les a trouvées, pour ce qui concerne la forme et les proportions du test et des piquants, aussi considérables que chez les Echinometra. Il a vu souvent des exemplaires de même taille dont les uns offraient un contour presque circulaire, avec un test aplati et couvert d'épines longues et grêles, tandis que les autres présentaient un test lobé, renflé, élevé et garni de piquants nombreux, mais épais et courts. Aussi l'espèce la plus commune sur les côtes des États-Unis a-t-elle donné lieu à une synonymie très-confuse.

Le mode de formation des tubercules miliaires chez un grand nombre d'oursins réguliers (Toxopneustes, Echinus, Sphœrechinus, Lytechinus) est très-remarquable. On voit d'abord apparaître des arêtes rayonnantes, partant de la base de chaque tubercule primaire, et formant autour de lui comme les rayons d'une étoile. Bientôt ces rayons se renflent en massue à l'extrémité, puis les parties renflées s'isolent par degrés, pour former des tubercules elliptiques indépendants qui prennent bientôt la forme des tubercules miliai-

res définitifs. — Les dix grandes plaques buccales sont les premières à apparaître dans la membrane actinale. Les plaques plus petites (dans les genres qui les possèdent) apparaissent ensuite entre ces premières plaques et les dents (forme d'Echinus) et plus tard seulement entre elles et le test (Lytechinus, Psammechinus, Trigonocidaris). M. Agassiz remarque que ce mode de croissance est totalement différent de celui des plaques buccales des Cidaris. Chez ces dernières ces plaques forment une partie de la série des plaques ambulacraires et interambulacraires. Elles apparaissent d'abord immédiatement auprès du test, comme chez les Palæchinides, ce qui permet de supposer que le test des Palæchinides était formé de pièces homologues des plaques buccales des Cidarides. Cette homologie est surtout frappante chez les jeunes Cidarides, où le nombre des plaques coronales est encore faible, et où l'oursin ne semble formé que par le système actinal et le système abactinal, séparés l'un de l'autre par une étroite ceinture de plaques coronales. Supposons que cette ceinture de plaques coronales disparaisse entièrement, tandis que les pièces buccales prennent en revanche un grand développement, nous obtiendrons alors un Palæchinus formé de nombreuses rangées de petites pièces ambulacraires et interambulacraires, disposées en rangées continues à partir des dents jusqu'au système abactinal. M. Agassiz en conclut que par les particularités de structure de leur membrane buccale, les Cidaris ont le droit de former une division de plus haute importance qu'une simple famille dans le sous-ordre des Échinides, division intermédiaire entre les Palæchinides et les Échinides proprement dits.

Chez les Clypéastroïdes les jeunes individus subissent, pendant leur croissance post-larvaire, des changements de forme et de structure très-considérables. Les jeunes exemplaires d'une Mellita (*M. hexapora*) par exemple, mesurant 0,09 de pouces anglais en diamètre, sont presque circulaires, avec un bord épaissi comme un Laganum et encore entièrement dépourvu de lunules. Les pièces ambulacraires et interambula-

craires sont toutes de même grandeur, hexagonales, formant vingt zones égales entre elles et portant chacune un seul gros tubercule au centre. La surface inférieure de l'échinoderme est profondément concave, munie d'une ouverture buccale proportionnellement bien plus large que chez l'adulte. La lunule interambulacraire postérieure apparaît d'abord sur cette surface comme une profonde dépression, à l'une des extrémités de laquelle se trouve placé l'anus dans le voisinage immédiat de la bouche, à un tiers environ de la distance qui sépare celle-ci du bord du test. Il existe aussi des phyllodes rudimentaires formés seulement d'un petit nombre de pores, qui s'étendent éventuellement dans les sillons interambulacraires jusqu'au bord du test; mais qui sont dans le principe restreints à un petit nombre, groupés autour de la bouche. Dans un stade subséquent, le contour de l'échinoderme devient légèrement pentagonal, la lunule s'approfondit et finit par percer la surface abactinale, tandis que la rosette devient rayonnante, formée de cinq ou six paires de pores pour chaque zone porifère. Lorsque la lunule postérieure est devenue une véritable ouverture, la rosette présente déjà une forme légèrement pétaloïde. Le bord du test est à ce moment encore très-épaissi. A l'époque où la jeune Mellita a atteint presque un pouce et demi en diamètre, les lunules ambulacraires apparaissent pour la première fois comme des dépressions visibles seulement à la surface inférieure soit actinale de l'échinoderme. Plus tard ces dépressions en s'approfondissant se fraient un passage à travers le test jusqu'à la surface abactinale. La lunule postérieure interambulacraire augmente rapidement de taille et le sillon anal s'en sépare, devenant une simple dépression dans le prolongement de la lunule.

Les Eucope (*E. emarginata*) passent, comme les Mellita, par un stade primitif, où il n'existe encore aucune trace de la lunule interambulacraire postérieure, mais le contour est élliptique comme chez un jeune Echinoarachnius. Bientôt le contour, vu d'en haut, apparaît comme profondément échan-

cré, et l'animal correspond alors au genre Moulinsia. La figure de ce genre, donnée par M. L. Agassiz, dans la « Monographie des Scutelles, » ne représente, même selon M. Alex. Agassiz, qu'un jeune individu de l'*Eucope emarginata*. Bientôt le jeune Eucopide offre un contour profondément lobé. Les échancrures peuvent se fermer ou rester ouvertes, ce qui a fourni la base d'un grand nombre d'espèces établies sur la profondeur des lobes, la présence ou l'absence de certaines lunules, etc. Mais il ne s'agit là que de caractères juvénils conservés ou exagérés chez l'adulte.

Le développement du *Stolonoclypus prostratus* et de Clypéastroïdes aplatis du type du *Clyp. placunaris* est fort instructif, car, pris en connexion avec celui des Scutellides dont nous venons de parler, il montre qu'il faut introduire une réforme importante dans les genres décrits sous les noms de Lenita, Scuttellaria, Runa, Echinocyamus et autres Échinoïdes de petite taille. M. Alex. Agassiz pense que tous ces genres ne représentent que des formes jeunes d'autres Clypéastroïdes, comme les Scutella, les Mellita, les Laganum, les Stolonoclytus, les Clypéaster, les Encopes, etc. Dans tous les cas, les observations de ce savant sont déjà suffisantes pour montrer que les Scutellides passent par des phases de développement qu'il est impossible de distinguer des genres Moulinsia, Fibularia, Runa, Scutellina, et que les Clypéastroïdes proprement dits passent par une phase identique au genre Echinocyamus.

Le développement des Échinolampas a jeté un jour inattendu sur les affinités des Galérites dépourvus de dents, et des Cassidulides. Il enseigne, d'une manière concluante, que les Echinoneus ne sont qu'une forme embryonnaire des Échinolampas, ce qui les rapproche des Cassidulides, et qu'ils n'ont rien de commun avec les Galérites, dans le sens que M. Alex. Agassiz donne à ce groupe, où il ne conserve que les formes munies de dents. Cette restriction fait des Galérites une division parfaitement naturelle, et M. Agassiz incline à réunir les Galérites munis de dents avec les Échi-

nides proprement dits dans un même sous-ordre, où ils formeraient une famille prophétique, se rapprochant des Clypéastroïdes par la position de l'anus qui est séparé du système apicial, mais conservant néanmoins les dents et la structure symétrique des Échinides réguliers. Le grand développement des Galérites durant des époques géologiques antérieures, ainsi que les relations de l'anus et du test, conduiront peut-être à diriger ce groupe en un sous-ordre à part, intermédiaire entre les Échinides proprement dits et les Clypéastroïdes. L'immense série d'individus collectés par M. Pourtalès, dans sa seconde expédition, a permis à M. Agassiz d'établir d'une manière définitive, les véritables relations des Échinolampas. Ce savant montre combien M. Desor a eu raison d'éloigner des Galérites les Carotomus et genres voisins, pour les placer parmi les Cassidulides à cause de la nature semi-pétaloïde de la portion apiciale de leurs ambulacres.

Parmi les Spatangoïdes proprement dits, l'examen de jeunes exemplaires enseigne que ces Échinodermes subissent de grandes modifications de forme durant leur croissance. La partie postérieure du test est surtout sujette à varier ; la position de l'anus est très-inconstante dans une seule et même espèce ; la bouche n'est point labiée dans le jeune âge comme chez l'adulte ; les fascioles (sémites) péripétaliennes et les latérales ne varient pas dans leurs limites, mais les fascioles anales et subanales subissent de si grandes modifications durant leur croissance, qu'il est impossible d'en tirer des caractères génériques, tandis que la permanence des premières a au contraire une importance majeure au point de vue de la classification. Les pétaloïdes ambulacraires sont aussi grandement modifiés avec l'âge : ils finissent en général par devenir confluents, tandis que dans le jeune âge ils sont remarquablement distincts et que leurs pores ne sont point conjugués. Les sémites ne sont point couvertes de pédicellaires réguliers, bien qu'on prétende généralement que ce soit le cas. M. Agassiz trouve ces fascioles

couvertes de très-petits tubercules portant des piquants embryonnaires. M. Troschel a été le premier à attirer l'attention sur cette disposition, et Müller a donné plus tard, dans son embryologie des Échinodermes, d'excellentes figures des piquants des fascioles du *Sp. canaliferus;* cependant ces observations, bien que datant de 1852, paraissent avoir échappé à l'attention d'auteurs récents, qui continuent d'affirmer que les sémites portent de vrais pédicellaires. Les pédicellaires sont disséminés irrégulièrement sur tout le test, surtout en abondance autour de la bouche. L'examen de ces organes, fait sur un certain nombre de genres de la collection Pourtalès, a convaincu M. Alex. Agassiz que les pédicellaires ne sont que des piquants modifiés. L'existence de pédicellaires placés sur un tubercule et mus par le même mécanisme que les piquants, aussi bien que le mode de formation des pédicellaires étudiés par ce savant, et déjà précédemment par J. Müller, chez les Astéracanthion et les Spatangoïdes, montrent d'une manière évidente que ces organes sont des piquants spécialement sensitifs et jouant le rôle de pourvoyeur.

La forme de la bouche des jeunes Spatangoïdes, semblable à celle des Cassiduloïdes, ainsi que l'existence de plusieurs Spatangoïdes, tant fossiles que vivants, qui offrent la même structure de la bouche à l'état adulte, enseigne qu'on doit réunir les Spatangoïdes et les Cassiduloïdes en un même sous-ordre, comme l'a fait, par exemple, M. Albin Gras, quoique le nom d'irrégulier, proposé par ce savant, paraisse peu approprié selon M. Alex. Agassiz.

Profitant des riches séries de coraux et de madrépores recueillies par les draguages de M. Pourtalès, M. Louis Agassiz a fait sur ces polypes Zoanthaires un travail entièrement parallèle à celui de son fils sur les Échinodermes dont nous venons de parler. Les résultats auxquels il a abouti sont de même ordre. M. Louis Agassiz montre en effet que les coraux subissent, pendant leur croissance, une suite de modifications à peine inférieures en importance aux changements

embryonnaires connus chez tant d'animaux. Si nous combinons en une série toutes les modifications constatées dans les différentes familles de coraux, nous voyons se manifester une gradation évidente entre elles, gradation comparable à celle qu'on reconnaît dans les séries d'animaux adultes, lorsqu'on les dispose suivant le degré de complication de leur structure. Il est évident que les représentants de la classe des polypes Zoanthaires ne sont point tous au même niveau, sous le rapport de la complication de leur structure. Dans l'opinion de M. Agassiz, les Actinides proprement dits sont au bas de l'échelle ; puis viennent les Madréporides, et enfin les Alcyonaires ; et parmi les Madréporides, qui sont les plus importants dans les récifs, il considère les Turbinolides comme les plus inférieurs, et il les fait suivre de bas en haut d'abord par les Fungides, puis par les Astréides, et enfin par les Madréporides proprement dits. Or il est curieux de constater, avec M. Agassiz, que les changements successifs présentés par chaque représentant de l'un de ces groupes pendant sa croissance, rappellent les traits caractéristiques des groupes placés immédiatement au-dessous. Ainsi, par exemple, les jeunes Astréides, avant de sécréter leur squelette dur, ont une phase d'Actinie ; puis leur charpente calcaire primitive rappelle celle d'une Turbinolia : enfin ces Zoanthaires passent par une phase de Fungie avant d'assumer les traits caractéristiques d'un Astréide.

On sait que la gemmiparité des Actinies consiste dans l'extension de leur base d'attache, soit aire abactinale, et la formation sur le bord de cette base de bourgeons qui finissent par se détacher. M. L. Agassiz a observé un mode analogue d'extension de la base d'un individu isolé chez divers genres de Fungides, d'Astréides, d'Oculinides et de Madrépores. Chez les *Siderastræa*, par exemple (que M. Agassiz place non point parmi les Astréides, mais bien parmi les Fungides à cause de la structure de leurs tentacules et de leur squelette), les masses larges et arrondies de ces Zoanthaires sont représentées d'abord par des disques minces

s'étendant par leur périphérie et n'augmentant que bien plus tard en épaisseur. Le genre Mycedium, qui constitue à l'état parfait une mince lame, peut être comparé, en faisant abstraction des particularités génériques, à un jeune polypier étalé de Siderastræa. Chez les Mycedium, le mode de croissance est fort simple. Une série d'exemplaires, recueillis par M. Pourtalès, enseigne que l'origine du polypier est un individu unique, dont le bord s'étale par degré; de ce bord bourgeonnent des individus additionnels, qui s'étalent à leur tour, tout en restant en connexion entre eux et avec l'individu central, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le polypier ait atteint ses dimensions habituelles. Si nous imaginons que les polypes unis entre eux pour former un Mycedium se mettent à croître verticalement en même temps qu'ils s'étendent et se multiplient horizontalement, nous aurons une Siderastræa. Il est intéressant de noter en outre, que le polype central primitif, d'où dérive toute la communauté du Mycedium, a, en petit, la forme d'une Fungie jusqu'au moment où de nouveaux individus bourgeonnent sur son pourtour. M. Agassiz possède de jeunes Mycedium qu'on pourrait parfaitement prendre pour de très-petites Fungies, telles que celles figurées par M. Stuchbury et M. Milne Edwards. On est donc en droit de considérer le genre Fungia comme une forme embryonnaire du type des Fungides, dès qu'on le compare aux Mycedium, aux Agaricia, aux Siderastræa. Les Fongies proprement dits doivent occuper, dans un système naturel, une position inférieure à celle des types plus complexes de la famille. Les très-jeunes Mycedium montrent des affinités avec les Turbinolia, en ce sens que les chambres interseptales sont ouvertes dans toute leur hauteur, sans montrer ni traverses, ni synapticules.

Chez les Astréides, la croissance primitive d'une communauté a lieu de la même manière que chez les Fungides. Les naturalistes ont l'habitude de considérer les masses hémisphériques de ces Zoanthaires comme résultant de la formation de bourgeons verticaux autour des individus qui

les ont précédés, et, par conséquent, entre ces individus. Ce mode d'accroissement a bien réellement lieu à une époque postérieure, mais ce n'est pas ainsi que la fondation de la communauté s'opère. Selon M. Agassiz, chez l'*Astræa annularis*, un Polype unique s'étend par l'élongation de ses dissépiments radiaires, à la manière d'un Mycedium, dans toutes les directions, et donne naissance aux distances voulues à de nouveaux centres, soit individus, disposés autour du premier; ces individus s'étalent à leur tour et ainsi de suite sans accroissement marqué en hauteur des individus nouveaux, jusqu'à ce que la communauté ait acquis un diamètre de plusieurs pouces. L'aspect du bord étalé de la jeune Astrée est si semblable à celui d'une jeune Fungia, que ce bord détaché des individus circulaires bien définis, qui occupent le centre du disque, serait pris sans hésitation pour un fragment de Fungia. Ce n'est qu'à une époque plus tardive qu'on voit chez l'*Astræa annularis* les membres de la communauté se développer verticalement, et que la communauté augmente de volume dans son ensemble par l'intercalation de nouveaux individus pour prendre la forme d'une masse hémisphérique.

Les Méandrines passent également par la phase d'un mince polypier étalé, et lorsqu'elles ont déjà atteint un diamètre d'un $^1/_2$ pouce, elles ont encore toute l'apparence d'une Fongie. A ce moment, l'extension marginale de la jeune Méandrine donne naissance à des groupes de cloisons rayonnantes, groupes distincts les uns des autres comme les collicules caractéristiques du genre *Hydrophore*. En réalité, la Méandrine passe de la phase de Fongie à une phase d'Hydrophore, et plus tard, lorsque le polypier a deux pouces de diamètre et que les murailles commencent à devenir sinueuses tandis que le bord s'étale toujours, elle prend l'apparence du genre Aspidicus, de la période crétacée. Elle ressemble, dans tous les cas, bien plus à un Hydrophore ou à un Aspidiscus qu'à un représentant adulte de son propre genre.

Les zoologistes sont habitués à envisager les Oculinides et les Madréporides proprement dits comme des Zoanthaires arborescents. Toutefois, M. Louis Agassiz montre qu'eux aussi passent au début par une phase d'étalement rappelant les Fongies. Des Oculines peuvent former ainsi des disques aplatis, larges de plusieurs pouces, avant d'émettre une seule branche verticale.

L'échelle de gradation relative que M. Louis Agassiz établit pour les polypes adultes, d'après les caractères fournis par le développement, correspond très-bien, selon ce savant, à l'ordre d'apparition de ces animaux dans la série des temps géologiques. Quant à la distribution bathymétrique des Zoanthaires, M. Agassiz remarque que les formes les plus inférieures (Turbinolides et Eupsamnides) sont caractéristiques des plus grandes profondeurs. Puis les Astréides leur succèdent, et enfin les Madrépores sont confinés bien plus près de la surface.

Les sondages américains ont fourni certains résultats fort remarquables au point de vue de l'histoire du globe. MM. Lutken, Verrill et Lyman ont déjà attiré à plusieurs reprises l'attention sur ce fait remarquable qu'il existe, surtout pour les Échinodermes, de très-grands rapports de faunes entre les deux côtés de l'isthme de Panama. Ce résultat s'accentue toujours davantage. M. Alex. Agassiz publie une liste comparative des espèces d'Échinides des deux côtés de l'isthme, liste comprenant la faune du Pérou jusqu'au golfe de Californie pour le Pacifique, et pour l'Atlantique, le golfe du Mexique, la Floride, la côte septentrionale de l'Amérique, les Indes Occidentales et les Bahamas. Or il résulte de l'examen de cette liste, qu'à l'exception de trois espèces de Panama, toutes les espèces (une vingtaine) de la côte occidentale sont remplacées par des espèces représentatives sur la côte orientale. Quant aux espèces de la côte orientale qui n'ont pas de représentants sur la côte du Pacifique, ce sont des espèces habitant les grandes profondeurs, draguées par M. Pourtalès, et en outre, ce qui est

fort singulier, un petit nombre d'espèces dont l'aire de distribution est si étendue d'ailleurs, qu'on peut les taxer de cosmopolites, puisqu'on les trouve partout dans la grande ceinture équatoriale Indo-Pacifique et dans la continuation, à l'ouest de l'Afrique, où elles empiètent même sur les régions tempérées des deux côtés de cette ceinture. Pour les Ophiurides, M. Lyman remarque aussi que la vaste faune Pacifique, commune aux eaux qui s'étendent de Zanzibar aux îles Sandwich, et de Loo Choo au groupe de Kingsmill, change de caractère près de Panama pour prendre partiellement un caractère caraïbe. Il cite quatorze espèce de Panama qui sont remplacées par des espèces représentatives dans la faune caraïbe, et il remarque expressément que si ces formes se trouvaient dans la même mer, on n'hésiterait pas à les considérer comme de simples variétés.

Ces observations prennent une grande importance lorsqu'on se reporte aux essais de différents auteurs pour esquisser les courants marins à une époque géologique antérieure à la nôtre. Tous s'accordent à admettre que jusqu'à la période crétacée un courant équatorial non interrompu formait une ceinture complète autour du globe, à travers l'Asie centrale, l'Arabie, la partie septentrionale de l'Afrique, atteignant le Pacifique par un détroit peu large, à travers l'isthme de Panama. M. Alex. Agassiz est convaincu de l'existence de cette interruption dans l'isthme, à l'époque crétacée, par la présence dans les terrains de l'isthme de Panama d'un Ananchyte, qu'on ne peut différencier de *l'Ananchytes radiata*. M. L. Agassiz donne aussi de son côté des raisons géologiques qui lui font admettre que les montagnes rocheuses et les Andes se sont, pour ainsi dire, donné la main à travers l'isthme, seulement à une époque post-crétacée. Il admet qu'avant le soulèvement de cette immense barrière, un courant Atlantique septentrional, cheminant du nord-est au sud-ouest, c'est-à-dire dans une direction inverse du Gulf-Stream actuel, continuait sans interruption sa marche dans le Pacifique. Si les choses se sont passées ainsi, les

ressemblances de faunes des deux côtés de l'isthme deviennent explicables. On peut alors se demander, avec MM. Alex. Agassiz et Lyman, si les différences de faune des deux côtes ne donnent pas une mesure des changements qu'ont subi les espèces depuis le soulèvement de l'isthme de Panama ; si ce soulèvement a été lent et graduel, il a forcément isolé les unes des autres les espèces spéciales aux grandes profondeurs à une époque bien plus ancienne que les espèces littorales. La conséquence en devait être que plus on descend dans la profondeur, moins les espèces représentatives doivent abonder. Ce résultat semble confirmé par les sondages exécutés dans les Indes occidentales. Cependant il faut ici une prudence extrême dans les conclusions, et les preuves négatives n'ont qu'une valeur bien secondaire. M. Lyman rappelle à ce sujet que, pour les Ophiures, les faunes de l'Europe septentrionale et tempérée d'une part, et du golfe du Mexique d'autre part, pouvaient être considérées, jusqu'à une époque récente, comme totalement différentes, puisque même les genres sont souvent différents. Et pourtant, deux expéditions simultanées, dans ces régions, ont rapporté, il n'y a pas longtemps, de la profondeur peu considérable de 75 brasses, une espèce nouvelle pour la science et commune aux deux côtes de l'Atlantique.

A la suite d'observations faites sur la nature pétrologique des différents dépôts en voie de formation dans le Gulf-Stream, M. Ls. Agassiz croit pouvoir conclure qu'aucune roche de la formation jurassique tout entière n'a pu se former aux dépens de matériaux semblables à ceux qu'on trouve dans les grandes profondeurs, le long des côtes américaines. Il pense donc que les roches du Jura et de l'Alpe souabe ont été déposées dans des eaux peu profondes. Ce savant compare le récif de la Floride avec le plateau corallien qui forme le bord américain du Gulf-Stream à la formation jurassique, telle qu'elle s'étend à travers l'Europe centrale, dans la direction du Causase et de l'Himalaya. Il reconnaît les mêmes relations entre les terrains jurassiques et les dé-

pôts plus anciens sur lesquels ils reposent qu'entre la formation corallienne moderne de la Floride et les parties plus anciennes du continent américain. Dans ce cas, la formation jurassique aurait pris naissance comme une ceinture marginale sous-marine autour d'un continent en croissance, de même que le plateau corallien de Floride, « plateau Pourtalès » forme une ceinture autour de la partie méridionale de l'Amérique du Nord.

En Norwége, M. G.-O. Sars a fourni d'importants compléments à ses précédentes recherches, soit par de nouveaux draguages exécutés cette fois dans le fjord de Christiania, soit par la description des crustacés recueillis dans cette nouvelle expédition et dans les sondages antérieurs des Lofodes.

Les fjords de Norwége forment en quelque sorte un monde à part, et leur faune est, à beaucoup d'égards, très-particulière et différente de celle de la mer voisine. Parmi les animaux marins qui s'y rencontrent, on est surpris de reconnaître des animaux inconnus sur la côte extérieure proprement dite, mais caractéristiques de latitudes bien plus septentrionales, de vraies formes boréales qu'on est habitué à ne voir apparaître que dans l'extrême nord, près du Groënland ou du Spitzberg. On doit considérer ces formes insolites comme des éléments étrangers mêlés à la faune norwégienne actuelle proprement dite. MM. Loven et Sars ont montré, on s'en souvient, que ce sont là les restes de la faune de l'époque glaciaire, faune qui s'est peu à peu retirée vers la région arctique, à mesure que les conditions physiques se modifiaient, et qui a été remplacée, pas à pas, par une faune plus méridionale (faune germanique). Aux temps glaciaires, la Norwége était couverte d'énormes glaciers, comme aujourd'hui le Groënland, et il est probable qu'un courant venant du pôle descendait alors le long de la côte norwégienne en sens inverse du Gulf-Stream actuel. Sur ce point, M. G.-O. Sars est exactement de la même opinion que M. Agassiz. Grâce à ce courant froid, la faune arctique se maintenait sur les côtes de

Norwége, sans mélange avec la faune germanique, limitée par les conditions de température bien plus au sud. Ce fait est attesté, comme nous l'avons rappelé ailleurs, par l'existence, dans certains points de la Méditerranée, du *Nephrops norwegicus* et de quelques autres animaux aujourd'hui communs dans la mer du Nord; comme aussi par la présence, dans les couches fossilifères récentes de Sicile, de nombreuses espèces actuellement caractéristiques de cette même mer du Nord. Lorsque les conditions physiques du globe se modifièrent au point de produire le Gulf-Stream, dirigé en sens inverse du courant polaire qui avait régné jusqu'alors sur les côtes de Norwége, la faune fut refoulée vers le nord et remplacée par la faune germanique. Que cette progression graduelle de la faune plus méridionale vers le nord dure encore aujourd'hui, c'est ce dont on peut fournir des preuves diverses. La faune germanique s'étend maintenant déjà bien au delà du cercle polaire, et l'on peut dire que la faune arctique commence seulement vers les Lofodes. Dans cet archipel elle est même mélangée d'un assez grand nombre de formes méridionales. Dans les fjords, très-profonds et très-étroits le changement de direction des courants marins n'a guère pu se faire sentir. Sans doute, il y a aussi des courants dans les fjords, mais ce sont des courants partiels qui ont probablement eu lieu à l'époque glaciaire comme aujourd'hui.

On peut admettre que deux facteurs ont agi pour amener ces déplacements de faune, à savoir la température de la mer et son degré de salure. A l'époque glaciaire, grâce au courant venant du pôle, la mer a dû offrir le long de la Norwége une température bien plus basse qu'aujourd'hui où cette côte est réchauffée par le Gulf-Stream; en outre la salure de l'eau doit avoir été moindre, par suite de la fusion des énormes masses de glace que les glaciers de Scandinavie déversaient continuellement dans la mer. Ces deux facteurs ont été évidemment favorables au développement de la faune arctique. Au contraire l'élévation de tem-

pérature et l'augmentation de salure qui ont accompagné l'apparition du Gulf-Stream ont été défavorables à cette faune. L'élévation de température a dû avoir comme première conséquence l'émigration des animaux vers les points les plus profonds de la mer qui sont les moins accessibles aux variations de température. Les modifications ont par conséquent dû être sensibles surtout pour la zone littorale qui aura échangé relativement assez vite son caractère arctique contre un caractère germanique. Dans les zones plus profondes le changement aura été bien plus lent, bien qu'il ait eu lieu aussi, puisque l'action du Gulf-Stream se fait sentir à une très-grande profondeur. Dans les fjords, vu leur profondeur et leur peu de largeur, cette action a dû être très-peu sensible, comme nous le remarquions plus haut. Elle consiste sans doute essentiellement en un réchauffement des couches superficielles, pendant les mois d'été, par suite du climat plus doux. Cela a suffi sans doute pour donner assez rapidement à la zone littorale, même dans les fjords, son caractère germanique, mais les zones plus profondes ont été assez peu influencées pour conserver encore aujourd'hui une prédominance des éléments arctiques de la faune. Les rivières qui descendent des Alpes scandinaves et se jettent dans les fjords ont pour résultat soit d'abaisser la température des couches les plus profondes de la mer, soit de diminuer la proportion du sel dissout, deux circonstances essentiellement favorables au développement de la faune arctique. Dans les mers méridionales ce n'est qu'à une extrême profondeur qu'on rencontre çà et là quelque forme arctique rabougrie, tandis que les profonds fjords de Norwége renferment des animaux arctiques non-seulement en grande abondance, mais encore pleins de vigueur et de taille aussi considérable que leurs confrères de la mer glaciale. Cette différence est amplement expliquée par les circonstances que nous venons de rappeler.

Cette existence d'une faune arctique dans les fjords a été mise en lumière principalement pour les mollusques par les

recherches de MM. Loven et Asbjörnsen. Puis en 1865, Michael Sars décrivit comme trouvés dans le fjord de Christiania près de Dröbak une série d'animaux qui sont vraisemblablement tous des formes arctiques, à savoir : 1 Crustacé, 2 Céphalophores, 4 Lamellibranches, 2 Tuniciers, 11 Annélides, 1 Holothuride et 2 Astérides. Ces animaux arctiques habitent tous les points les plus profonds de la localité, qui n'atteignent, il est vrai, que 120 brasses. Ces résultats ont encouragé M. G.-O. Sars à un examen attentif de la faune du fjord de Christiania, surtout dans quelques points où la profondeur est plus considérable que près de Dröbak. C'est ainsi que vers les îles des baleines (Hvalöerne) la profondeur atteint jusqu'à 230 brasses, mais sur un espace il est vrai très-étroit et interrompu. Un bassin plus étendu et d'une profondeur variant de 200 à 230 brasses s'étend entre Rauöe à l'est et Vallöe à l'ouest. C'est surtout là que M. G.-O. Sars a pratiqué ses nouvelles recherches, sans négliger pour cela un grand nombre d'autres points du fjord.

Le fjord de Christiania a eu jadis une étendue bien plus grande qu'aujourd'hui. On reconnaît ce fait aux nombreux bancs de coquillages qu'on rencontre à plusieurs milles de distance dans l'intérieur des terres et qui ont conservé d'une manière frappante le caractère d'anciens écueils. Il y a même de fortes raisons pour admettre qu'à l'époque glaciaire le fjord a pénétré jusqu'à 20 milles norwégiens plus avant dans les terres que maintenant. Le Mjösen, aujourd'hui entièrement dessalé, faisait alors partie du fjord, aussi a-t-il gardé des traces de l'ancienne faune arctique dans certaines formes qui se sont peu à peu habituées à l'eau douce (*Mysis oculata* et *Gammarus loricatus*), ainsi que les *Archives* l'ont enregistré il y a quelques années. Une autre preuve de l'exhaussement du sol à une époque récente a été reconnue par M. G.-O. Sars par l'existence d'une grande masse d'*Oculina prolifera* sur des bas-fonds près de Dröbak. Ces polypiers sont tous morts, et en effet on ne les trouve vivants, sur le reste de la côte de Norwége, qu'à partir d'une profondeur de 150

brasses et au delà. Il faut sans doute mettre en relation avec cet exhaussement, le fait qu'on trouve dans l'intérieur du fjord de Christiania, à des places relativement très-peu profondes, des espèces animales qui n'apparaissent qu'à une profondeur bien plus considérable sur le reste de la côte de Norwége. C'est ainsi qu'on trouve dans le voisinage immédiat de Christiania de nombreux Cumacés appartenant aux genres Dyastylis, Eudora, Leucon, Campylaspis qui paraissent être tous des habitants normaux des grandes profondeurs de la mer. On y trouve aussi le *Macrocypris minna*, ostracode très-caractéristique des grandes profondeurs.

Les recherches de M. G.-O. Sars ont été couronnées d'un plein succès. Elles ont fait connaître dans les parties profondes du fjord de Christiania une riche faune d'espèces connues comme arctiques et en outre de nombreuses espèces nouvelles. Le catalogue en est trop considérable pour pouvoir être cité ici.

Une localité qui offre un intérêt tout spécial est la partie interne du Drammens fjord qui n'est en communication avec le fjord de Christiania que par le Svelvig, rivière dépourvue de profondeur et qui n'a que la largeur d'un jet de pierre. Ce fjord forme donc un bassin aujourd'hui parfaitement isolé, long de près de trois milles norwégiens, dont la profondeur se maintient partout entre 50 et 70 brasses. Le Drammen, rivière considérable, débouche dans le fjord et y déverse une quantité d'eau telle que la couche d'eau superficielle est parfaitement douce toute l'année durant. Il est donc probable que le soulèvement lent de la contrée continuant de s'opérer d'une manière régulière, ce bassin prendra de plus en plus le caractère d'un lac intérieur. Déjà on y rencontre jusqu'à la profondeur d'une ou deux brasses tout une faune de poissons d'eau douce (divers Cyprins) et d'entomostracés d'eau douce. A une plus grande profondeur, où l'eau est encore salée, on rencontre au contraire une faune marine, il est vrai très-pauvre, mais à empreinte arctique très-marquée.

La Drammensfjord offre donc la particularité remarquable d'une faune lacustre superposée à une faune marine.

Parmi les nombreux crustacés nouveaux recueillis par M. G.-O. Sars il en est quelques-uns qui méritent d'être mentionnés ici pour des particularités très-exceptionnelles. Citons d'abord l'*Apseudes anomalus*, isopode distingué par l'existence de deux formes de mâles. On sait que M. Fritz Müller a déjà décrit une particularité toute semblable chez une espèce de Tanaïs des mers du Brésil. Le mâle le plus commun de l'*Apseudes anomalus* ressemble tout à fait à la femelle, sauf que les deux premières paires de pieds sont beaucoup plus vigoureuses. La seconde forme de mâle s'éloigne au contraire de la femelle par plusieurs caractères. Les deux premières paires de pieds deviennent en particulier énormes, et la surface externe des antennes antérieures est ornée de nombreux faisceaux de soies sensitives ; en outre les pièces buccales sont très-faibles. Dans sa diagnose, M. Sars indique la première forme comme étant le jeune âge de la seconde ; mais plus loin il y explique plus complétement sa pensée, en ajoutant que la première interprétation n'est peut-être pas tout à fait correcte. M. Sars considère le mâle qui ressemble beaucoup à la femelle comme étant la forme normale, il conserverait dans la règle la même apparence toute la vie durant, mais exceptionnellement il pourrait se transformer vers la seconde forme. La même chose aurait lieu chez les Cumacès, où il existe aussi, selon M. Sars, deux sortes de mâles. La forme qui ressemble le plus aux femelles se trouve avec ces dernières toute l'année durant. La seconde forme est bien plus rare et paraît ne se montrer qu'à certaines époques de l'année ; elle se distingue entièrement des femelles non-seulement par la forme de sa carapace, mais encore par ses antennes postérieures longues et minces, par la grandeur de ses yeux et par le grand développement de ses palpes natatoires et de ses pieds abdominaux. M. Sars a observé des faits analogues chez un amphipode, la *Pontopordia affinis* Lindsl.

M. Sars a poursuivi le développement d'un Ancée (*A. oxyuræus*) dont il a trouvé soit les femelles, soit les mâles, soit enfin les larves (Praniza) à 40 ou 60 brasses de profondeur près de Valloë. Il a vu les embryons se former dans l'œuf exactement comme chez les autres isopodes : les rudiments de tous les appendices du corps apparaissent en particulier de très-bonne heure dans la membrane vitelline. Ce fait est très-digne d'attention, parce qu'il est en contradiction avec l'assertion de M. Hesse qui, dans son mémoire sur les Praniza et les Ancées, représente les jeunes individus comme quittant l'œuf dans un état de développement très-imparfait, où ils rappellent la phase de Nauplius des Copépodes. Selon M. Sars les yeux composés apparaissent dans l'œuf d'aussi bonne heure que les autres appendices, sous la forme de deux grosses expansions hémisphériques sur les côtés de la tête et il n'est pas possible de rien voir qui ressemble à l'œil médian impair des Copépodes, tandis que selon M. Hesse cet œil impair serait le seul organe visuel des embryons d'Ancée. Dans les figures de M. Hesse le corps de l'embryon n'est composé que de deux régions, un céphalothorax, avec cinq paires d'appendices simples et coniques, et un abdomen échancré en demi-lune en arrière et dépourvu d'appendices. Les embryons étudiés par M. Sars permettaient au contraire de reconnaître distinctement les trois régions du corps; leurs pieds étaient divisés normalement en articles, et tous les pieds abdominaux étaient formés avec leurs doubles plaques natatoires. Ces différences sont si considérables que M. Sars pense devoir admettre une erreur dans les observations de M. Hesse. Ce savant aurait pris les œufs d'un Copépode parasite d'une Praniza pour des œufs d'Ancée.

Citons enfin les remarquables observations de M. G.-O. Sars sur des Ostracodes du genre *Asterope* Phil. Divers auteurs ont réuni ce genre aux Cypridines, mais M. Sars montre qu'il s'en éloigne par un caractère si important qu'on pourrait être tenté de lui attribuer une valeur plus grande que celle d'un genre. Il existe en effet chez ces Ostra-

codes aux côtés de l'abdomen des branchies puissantes tout à fait semblables à celles des Décapodes supérieurs. A ce point de vue les Astéropes occupent une position tout à fait isolée dans la grande division des Entomostracés. Ces ostracodes offrent aussi la particularité d'avoir deux formes de mâles; c'est ainsi que, selon M. Sars, la *Cypridina teres* Norm. et le *Philomedes Mariæ* sont deux formes masculines d'une même espèce d'Astérope, et que le *Philomedes longicornis* Lill. n'est qu'un mâle exceptionnellement développé de la *Cypridina globosa* Lill. Deux formes de mâles existent également chez la *Cypridina Lilljeborgii* Sars.

L'analyse qui précède montre que les dernières expéditions chargées d'exécuter des sondages à de grandes profondeurs ont mis en lumière une foule de faits d'une haute importance scientifique. Nous ne pouvons donc que féliciter l'amirauté anglaise de préparer une nouvelle expédition qui cette fois prendra la Méditerranée comme champ de recherches.

E. C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Par suite du décès de M. Bruderer, astronome-adjoint de l'Observatoire de Genève, nous sommes forcés d'ajourner la publication des tableaux météorologiques de Genève et du Grand Saint-Bernard.







d 2h 39m 2h 50m h

Lith. F. Neverrez, Genève



NOTE

SUR LA

CONSTITUTION DU LAIT ET CELLE DU SANG

Par M. DUMAS

Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

(Lue à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, séance du 4 mai 1871.)

Pendant les années les plus pénibles de la première Révolution française, l'ancienne Académie des sciences de Paris ayant été supprimée, ses membres n'en continuèrent pas moins leur concours patriotique aux travaux réclamés par les besoins nouveaux du pays. L'histoire leur en a tenu compte. Elle associe les noms des principaux d'entre eux à ceux des administrateurs et des généraux illustres, qui firent respecter alors l'intégrité du sol français.

Les Rédacteurs des Annales de chimie, qui avaient été obligés de suspendre leur publication, sous la terreur, eurent, en la reprenant, l'heureuse inspiration de réunir en deux volumes, tous les mémoires ou rapports, dont les académiciens avaient été chargés. On apprécie d'un coup d'œil, en les parcourant, l'importance des questions qui leur furent adressées, l'insuffisance des moyens dont ils disposaient en ces temps troublés, et le mérite des solutions pratiques qu'ils offrirent au pays, comme fruit de leurs études antérieures ou de leurs expériences improvisées.

Le salpêtre, la poudre, l'acier, les armes blanches, le bronze des canons, la potasse, la soude, les savons, le papier, les assignats et beaucoup d'autres objets intéressant la défense du pays, le travail de ses manufactures et les besoins de la vie furent l'occasion de travaux et de découvertes dont les ateliers n'ont pas oublié la tradition.

Le siége de Paris par l'armée prussienne ne devait pas se prolonger assez longtemps, disait-on, pour soulever des questions du même ordre, et cependant, il a fallu, comme au temps de nos pères, rechercher les terres salpêtrées, produire de la poudre, fabriquer de l'acier et le mettre en œuvre, trouver du bronze et fondre des canons; nous aussi, nous avons manqué de papier et d'un grand nombre d'objets usuels.

Des études considérables, quoique rapides, ont été accomplies et il sera utile autant que juste de n'en pas laisser perdre le souvenir. Je me suis occupé à réunir les matériaux de cette publication, et je l'effectuerai dès que les circonstances le permettront.

Parmi les privations que nos pères n'avaient pas connues du moins dans leur plus cruelle intensité, celles qui ont causé les souffrances les plus décisives à la population actuelle se rapportent à l'absence de combustible, qu'un hiver exceptionnellement rigoureux rendait intolérable et meurtrière; à la pénurie de lait et d'œufs, cause certaine du décès prématuré d'un grand nombre de jeunes enfants; à l'épuisement, enfin, de l'approvisionnement en blé, en farine et en viande qui, rendant la capitulation de Paris inévitable, en a marqué le jour précis.

Trois questions qui ont occupé l'esprit de tout homme

curieux de prévoir l'avenir de la science, ont donc été sans cesse présentes à la méditation des savants enfermés dans Paris, non comme rêves lointains dans lesquels l'imagination se complaît et se joue, mais comme prières désespérées d'un peuple aux abois.

1° Obtenir de la chaleur pratique, sans combustible;

2° Reconstituer des aliments avec des matières minérales sans le concours de la vie;

3° Reproduire du moins les aliments essentiels de l'homme avec des matières organiques non alimentaires.

L'homme qui se chauffe avec un combustible, fourni, soit par la végétation actuelle, soit par des restes de l'ancienne végétation du globe; qui se nourrit avec des produits retirés des plantes ou des animaux et qui, sous ces deux rapports, demande tout à la vie, pouvait-il se passer de la vie pour obtenir son combustible et ses aliments? Les forces seules de la science lui suffisaient-elles pour s'assurer, dans cette urgence, des satisfactions qu'il ne devait plus demander aux forces de la nature vivante?

Telle était la question. Posée en pleine paix, au sein de l'abondance, elle eût obtenu, peut-être, plus d'une réponse affirmative. Les progrès des sciences physiques ont été si éclatants! On est si disposé à s'exagérer leur pouvoir! L'électricité ouvre des perspectives si séduisantes! La synthèse a produit tant de merveilles entre les mains des chimistes!

Si l'échéance n'eût pas été si prochaine, que la question eût été soulevée comme thèse philosophique et qu'on eût dit aux physiciens et aux chimistes, n'est-ce pas que vous sauriez bien, s'il le fallait, fournir à l'homme la chaleur et les aliments, sans recourir aux plantes ou aux

animaux ? Combien, sans dire *oui*, eussent, du moins, répondu par un de ces sourires qui ne disent pas *non*.

Mais dans une crise où il s'agissait de réaliser sur l'heure ce qu'on aurait laissé espérer, on se montra réservé ; les solutions radicales furent ajournées et il ne fut question ni de chauffer Paris sans combustible, ni de le nourrir sans aliments organiques.

Ne pouvait-on pas convertir du moins en aliments des matières organiques habituellement dédaignées et remplacer ainsi, par d'habiles combinaisons de matériaux communs encore, des produits naturels qu'on ne pouvait plus se procurer ?

Mon dessein n'est pas de rappeler quelles viandes furent servies sur les tables, quelles ressources on fut conduit à demander au sang et aux débris des abattoirs ordinairement délaissés, aux os, aux pieds et même à la peau des bestiaux abattus. Je ne veux pas examiner davantage comment furent remplacés le beurre et le saindoux bientôt épuisés. Parmi ces industries improvisées, les unes ont disparu avec les circonstances qui les faisaient naître, les autres ont laissé d'utiles enseignements.

Je veux traiter seulement une question spéciale, dont la solution engageait certains principes qu'il me paraît important de sauvegarder. Ne pouvait-on pas venir en aide aux souffrances des nouveaux-nés, en remplaçant le lait qu'on n'avait plus, par quelque émulsion sucrée ? Il ne s'agissait point, en ce cas, de chimie créatrice, mais seulement de chimie culinaire. Aussi les recettes n'ont-elles pas manqué, reproduisant toutes un liquide albumineux, du sucre et un corps gras émulsionné.

A titre de succédané provisoire, ce lait factice méritait d'être accueilli. Mais on trouvait quelquefois dans les au-

teurs de ces propositions une telle conviction, qu'on était bien forcé de redouter pour l'avenir les effets de leur bonne foi. Celle-ci était de nature à faire de trop nombreux prosélytes, au grand dommage des nourrissons et au grand profit des trafiquants de lait. Comment ces derniers eussent-ils gardé le moindre scrupule, lorsqu'on leur apprenait à fabriquer une émulsion, qu'ils voyaient recommandée aux consommateurs et aux mères elles-mêmes, comme l'équivalent réel du lait?

Les services rendus pendant le siége par le lait concentré, ont été trop sérieux, pour qu'on ait besoin d'excuse dans le pays qui le produit, si on insiste sur la préférence toujours due au lait naturel, ainsi que sur les caractères qui ne permettent pas jusqu'ici de confondre avec le produit véritablement sécrété, un liquide laiteux artificiel, quel qu'il soit.

Le lait naturel constitue un liquide renfermant des sels, du sucre, du caséum en dissolution et des globules gras en suspension. Examinons d'abord si on peut imiter ces globules gras, en divisant ou émulsionnant une matière huileuse ou grasse dans un liquide visqueux.

Je crois avoir établi expérimentalement le contraire, il y a quelques années, en faisant voir que les globules de la matière grasse du lait sont défendus contre certaines réactions physiques ou chimiques par une véritable enveloppe membraneuse. Admise par les uns, contestée par d'autres, l'existence de cette membrane me paraissant, quant à moi, réelle et démontrée, il ne pouvait pas être question, à mon avis, de confondre une émulsion factice, à globules gras nus, avec le lait des mammelles, offrant des globules gras, enveloppés d'une membrane, véritables cellules libres, remplies de beurre, analogues aux cellules soudées des tissus adipeux.

On prouve l'existence de cette membrane par deux expériences chimiques.

La première repose sur la propriété que l'éther sulfurique possède de dissoudre les matières grasses et de ramasser celles qui sont en suspension dans les liquides, pourvu qu'elles y soient libres. Or, si après avoir agité dans un tube du lait frais et de l'éther, on les abandonne au repos, l'éther surnage, sans avoir rien dissous, et le lait reprend sa place au-dessous de lui, sans avoir rien perdu de son apparence ou rien cédé de sa matière butyreuse.

Soumis d'avance à l'action de l'acide acétique qui est propre à dissoudre l'enveloppe de ses globules gras, le lait, agité avec l'éther, perd au contraire son opacité et cède son beurre à ce liquide, dans lequel on le retrouve.

Une épreuve inverse conduit aux mêmes conclusions. Un sel neutre, tel que le sulfate de soude, ajouté au lait, permet de le filtrer et de retenir sur le filtre les globules butyreux, tandis que la sérosité s'écoule parfaitement limpide et claire. Si on continue les lavages avec de l'eau salée, on peut débarrasser ces globules de tous les produits solubles du sérum. Or, si le beurre était formé de simples globules gras, il ne resterait alors avec eux aucune trace de matière albumineuse ou caséeuse. Mais, quelque soin qu'on mette à prolonger les lavages, on retrouve toujours avec la matière grasse une proportion telle de substance albuminoïde, qu'on ne peut mettre en doute qu'elle y soit demeurée sous la forme de ces enveloppes ou cellules qui constituent les globules de beurre.

Le microscope, d'ailleurs, met en évidence la constitu-

tion des globules du beurre et y décèle la présence constante de ces enveloppes. Il suffit d'écraser, par exemple, les globules du lait, au moyen du compresseur, pour se convaincre qu'après l'épanchement de la matière grasse, la cellule butyrique n'en a pas moins conservé sa forme et son contour, attestant ainsi que le contenant et le contenu ont chacun leur existence distincte.

Par ces motifs et par beaucoup d'autres encore, car aucun chimiste consciencieux ne pourrait affirmer que l'analyse du lait ait fait connaître tous les produits nécessaires à la vie, que cet aliment contient, nous devons renoncer, quant à présent, à la prétention de faire du lait, et surtout nous abstenir d'assimiler à ce produit des émulsions quelconques.

Du reste, on ne saurait mettre trop de réserve, quand il s'agit de prononcer sur l'identité de deux produits, l'un naturel, l'autre factice, s'ils ne sont pas cristallisables ou volatils, c'est-à-dire définis.

Nous ne pouvons jamais affirmer que nous ayons reproduit une eau minérale ou l'eau de mer, par exemple. Qu'il soit question de fumier pour les plantes ou d'aliments pour l'homme et les animaux, la même réserve n'est-elle pas commandée à plus forte raison ?

Ces mélanges naturels indéfinis contiennent des substances que l'analyse la plus grossière découvre ; d'autres moins caractérisées ou plus rares, qu'une chimie délicate y fait seule connaître ; d'autres enfin, et les plus essentielles peut-être, qui nous échappent encore, soit qu'elles existent en proportions infiniment faibles, soit qu'elles appartiennent à des corps qui n'ont pas été distingués jusqu'ici des aûtres espèces chimiques.

Il est donc toujours prudent de s'abstenir de pronon-

cer sur l'identité de ces mélanges indéfinis, employés à l'entretien de la vie, où les moindres traces de matière et les plus insignifiantes peuvent se montrer non-seulement efficaces mais encore indispensables. A mesure que la science étend son domaine, on est même sûr de voir se multiplier les démonstrations de l'opportunité de cette réserve.

Parmi les beaux travaux exécutés en France par les continuateurs de l'œuvre qui a rempli la vie de l'illustre Théodore de Saussure, on placera toujours aux premiers rangs la thèse importante de M. Raulin sur la végétation de l'*Aspergillus niger*. Toutes les conditions de la vie de cette mucédinée ont été si bien déterminées par l'auteur qu'on peut la cultiver avec précision dans un sol formé d'espèces chimiques définies, comme s'il s'agissait de la formation d'un composé et qu'une fois le terrain semé, on peut suivre la transformation ou l'emploi de chacun des éléments dont elle a besoin pour vivre, ainsi que s'il s'agissait du développement d'une équation chimique ordinaire.

Eh bien! qui aurait prévu que l'*Aspergillus niger*, qu'on va voir apparaître sur une tranche de citron exposée à l'air, par exemple, avait besoin pour la plénitude de son existence de traces d'*Oxyde de Zinc?* Comment douter dès lors que, s'il s'agit de végétaux plus élevés et surtout d'animaux, outre leurs aliments grossièrement appréciables, il leur faut aussi des traces de bien d'autres aliments, plus finement utilisés, mais non moins nécessaires ?

On a souvent comparé le lait aux œufs sous le rapport chimique ainsi que sous le rapport physiologique. Ils ont également pour mission de fournir au jeune animal la

nourriture du premier âge et ils ont comme caractère commun d'offrir réunies une matière grasse, une substance albuminoïde, une matière sucrée ou féculente et des sels.

Mais l'œuf possède une vitalité, une organisation que la chimie ne met point en évidence et que l'anatomie la plus minutieuse serait impuissante à déceler. Si la fécondation n'avait rendu manifeste, par les phénomènes rapides de segmentation qui s'y accomplissent, que la masse du jaune d'un œuf est douée de vie et qu'elle obéit à l'impulsion du germe vivant qui s'en empare, nous en serions encore à ignorer que le jaune de l'œuf n'est pas une simple émulsion de matière grasse inerte.

Le lait n'est-il pas dans le même cas ? On est disposé à le croire quand on voit que le jaune d'œuf et le lait ont la même destination, la même configuration et que si le jaune obéit à l'action du germe qui s'en nourrit, le lait de son côté se montre singulièrement prêt à recevoir et à nourrir les germes de plus d'un genre qui, l'ayant atteint se développent et vivent à ses dépens.

Le pouvoir de synthèse de la chimie organique en particulier et celui de la chimie en général ont donc leurs limites. Le siége de Paris aura bien prouvé que nous n'avons aucune prétention à faire du pain ou de la viande de toutes pièces et que nous devons laisser encore aux nourrices la mission de produire le lait. Si quelques illusions ont pu se glisser à ce sujet dans l'esprit de personnes mal informées de l'état vrai de la science, elles tiennent au jeu de mot dangereux, auquel se prêtent les expressions *Chimie organique, Substances organiques,* appliquées indifféremment aux composés définis comme

l'alcool ou l'acide citrique qui sont impropres à la vie et aux tissus indéfinis, siége de la vie.

Les premiers, étrangers à la vie, véritables espèces chimiques, sont les seuls que la synthèse ait reproduits. Les seconds, qui ne peuvent se former que sous l'impulsion d'un germe vivant et qui reçoivent, conservent et transportent les forces de la vie, ne sont pas des espèces définies; la synthèse des laboratoires ne les atteint pas. La seule synthèse qui ait été jusqu'ici observée pour les matériaux chimiques, constituant les tissus vivants, est celle que détermine sur la matière brute la présence et l'impulsion d'un germe vivant lui-même.

Toutes les synthèses chimiques, d'ailleurs si dignes d'intérêt, qu'on a signalées comme reproduisant des matières organiques, n'ont donc en réalité reproduit que des matières impropres à la vie, c'est-à-dire, minérales. De toute matière vivante ou ayant vécu, il faut donc dire encore, soit qu'on parle en chimiste, soit qu'on parle en physiologiste, ce qu'on en disait autrefois: *Omne vivum ex ovo.* Ce qui n'est point la vie, n'a rien ramené à la vie.

Relativement à la constitution du lait, on s'est quelquefois servi des phénomènes que présente l'épuration du beurre comme moyen, tantôt de démontrer, tantôt de combattre l'existence des membranes qui enveloppent les globules butyreux. Je ne puis considérer ces phénomènes comme ayant aucune valeur à ce sujet, quant à présent.

On a dit, par exemple, que la séparation du beurre résultait de la formation de l'acide lactique provenant de l'action de l'air, favorisée par le barattage. Des expériences nombreuses, effectuées dans mon laboratoire sur

une échelle pratique, ont démontré que le beurre se sépare aussi promptement et au moins aussi abondamment d'un lait qui a reçu une forte addition de bicarbonate de soude que d'un lait naturel. La réaction alcaline du premier qui se maintient pendant l'opération et après son terme n'influe ni sur sa durée ni sur son rendement. La proportion de beurre semble en avoir été augmentée, bien loin de s'en trouver réduite.

La formation de l'acide lactique n'est donc pas nécessaire à la séparation du beurre, qui me paraît due à des causes purement mécaniques. Tel est du moins le sentiment qu'on éprouve lorsqu'on examine au microscope le lait soumis au barattage pendant que l'opération s'accomplit. Les premières gouttes d'essai n'offrent rien de particulier; les globules de beurre conservent leur forme, leur dimension et leur aspect. Bientôt, on voit apparaître des îles irrégulières butyreuses, au milieu de globules restés inaltérés. Ces îles de beurre s'accroissent en nombre et en étendue, à mesure que l'opération avance. Elles font boule de neige, se soudant entre elles et s'agglomérant de manière à constituer enfin la masse de beurre, but de l'opération.

L'agglomération des globules butyreux, en un bloc de beurre, serait une véritable régélation, s'il n'y avait pas de membrane autour d'eux. L'existence de celle-ci oblige d'admettre qu'elle doit se rompre et que tel est le but des chocs répétés qu'on fait subir au liquide, pour que le beurre épanché puisse se souder aux parcelles ou aux agglomérations grasses qui se rencontrent sur son chemin.

S'il est vrai que la séparation du beurre soit un phénomène purement mécanique, il ne l'est pas moins, j'en

donnerai plus tard la preuve, que la chimie peut donner des règles pour rendre cette opération plus prompte, plus efficace et pour en faire sortir un beurre mieux épuré et moins altérable.

Je termine cette communication par quelques détails sur une autre nature de phénomènes vers lesquels la situation hygiénique des habitants de Paris assiégé tournait trop naturellement la pensée. Que se passait-il dans les tissus de cette population privée de légumes frais, de fruits, de laitage, de poisson, de viande fraîche? Quels changements le sang éprouvait-il sous l'influence de ce régime et comment devaient-ils se manifester?

Il y a quelques années, j'avais préparé des expériences ayant pour objet de reconnaître s'il s'effectue entre les liquides intérieurs que les globules du sang renferment et les liquides du sérum, des échanges par endosmose et exosmose. Si ces échanges étaient faciles, prompts, on pouvait en constater l'existence. Les démontrer, c'était reconnaître par quelles voies, la constitution des globules du sang peut être altérée et viciée, rétablie ou régénérée.

Je n'ai jamais terminé ces expériences, mais je me suis souvent appuyé des vues qui me dirigeaient pour faire comprendre à mes auditeurs dans mes cours de la Faculté de médecine, comment certaines altérations du sang pouvaient être interprétées.

Il faut expliquer peut-être ce qui m'avait arrêté.

Rien n'est moins facile que de comparer le sérum et les globules d'un sang normal avec le sérum et les globules du même sang modifié par l'intervention d'une substance capable de changer le sens ou l'intensité des pouvoirs d'endosmose entre les globules et le sérum.

Dans le sang d'un animal vivant, les globules suspendus dans le liquide peuvent absorber ou perdre quelques-uns de leurs éléments, si l'on vient à changer la constitution du sérum, mais combien de temps durera le phénomène ? Si la substance ajoutée gêne, elle sera éliminée ; de leur côté, les veines absorberont des liquides destinés à rétablir l'équilibre et l'expérience sera bientôt tellement altérée, que les petites différences qu'il s'agissait de mesurer, disparaîtront, évanouies devant de grosses complications.

Au contraire, vient-on à retirer le sang du corps de l'animal et à le partager en deux parties bien équilibrées, l'une destinée à servir de terme de comparaison, l'autre destinée à recevoir les substances modificatrices du pouvoir d'endosmose, la coagulation et ce que j'ai appelé l'asphyxie et la mort des globules ôteront bientôt tout espoir d'arriver à des résultats certains.

Il fallait donc recevoir le sang dans un vase, s'opposer à sa coagulation et remplacer, à son égard, le jeu du cœur ainsi que le jeu du poumon, c'est-à-dire tenir le sang en mouvement et l'offrir très-divisé à l'action de l'oxygène ou de l'air. J'ai disposé un appareil qui satisfait à ces conditions. Il permettra de reconnaître comment agissent l'alcool, les sels neutres de soude ou de potasse, le sucre, etc., ajoutés au sérum et comment les liquides intérieurs contenus dans les globules peuvent se modifier sous leur influence, soit en quantité, soit en nature.

Pendant que je poursuivais ces vues, préoccupé de l'invasion évidente du scorbut dans l'état général de la santé des habitants de Paris vers la fin du siége et que je cherchais à suppléer par des moyens encore applica-

bles à l'absence de tout légume frais et de tout fruit dans leur régime habituel, un médecin étranger, le Dr J. Sinclair, en poursuivant les idées qu'il m'avait entendu professer à ce sujet, avait été conduit à y chercher l'explication des premiers symptômes de l'alcoolisme, état qu'il désigne sous le nom de dypsomanie.

De même que le scorbut aurait pour cause première un appauvrissement du sérum en sels de potasse et une surcharge en sels de soude qui favorise l'exosmose de la potasse des globules et par suite leur destruction, de même l'alcoolisme aurait pour point de départ la présence de l'alcool dans le sérum du sang et ses effets sur les globules.

L'alcool ajouté au sérum détermine un mouvement d'exosmose de l'intérieur des globules au sérum. Les globules perdent une partie de leurs liquides constitutifs et cette altération, qui en amène d'autres, se reproduit sans doute dans les cellules des divers tissus que viennent baigner des liquides alcoolisés.

Ce que j'ai l'intention de constater aujourd'hui, c'est que dans le sang en particulier et dans tout organisme vivant, de constitution analogue, c'est-à-dire formé par des cellules ou utricules remplies d'un liquide et nageant dans un liquide ou baignés par lui, il suffit d'altérer, même faiblement, la composition chimique du liquide extérieur pour que celle du liquide intérieur se modifie par endosmose ou exosmose.

Dès qu'il me sera permis de reprendre possession de mon Laboratoire, si je dois jamais le retrouver, je me propose de poursuivre le développement et l'application de ce principe, soit pour mettre en évidence les effets produits par l'action du sel marin, de l'alcool, etc., sur le

sang, soit pour montrer combien est rapide celle de quelques agents dont j'ai déjà examiné l'action, sur la constitution des globules.

En attendant, j'ai cédé au désir de votre éminent Président, et je dépose sur le bureau l'exposé de ces études que le temps pourra faire fructifier soit dans mes mains, soit dans des mains plus habiles. C'est un hommage que ma vieillesse aime à rendre à cette société bienveillante, qui, après avoir guidé, en 1816, ma jeunesse et mes premiers pas dans la carrière, m'offre en 1871, pour la seconde fois, à un demi-siècle de distance, l'asile de son amicale hospitalité, dans des circonstances douloureuses pour mon pays.

DE L'INFLUENCE

EXERCÉE

PAR LA DENSITÉ ET LA TEMPÉRATURE

SUR

LES SPECTRES DES GAZ INCANDESCENTS

PAR

M. F. ZŒLLNER[1].

1.

Tout corps gazeux considéré au point de vue des rayons qu'il émet, peut présenter deux états en apparence essentiellement différents. Dans l'un de ces états, les rayons se dispersent sous la forme d'un spectre *discontinu,* présentant des maxima de clarté très-prononcés, dans l'autre ils produisent un spectre *continu.*

Ces deux états, comme les états d'agrégation, sont fonctions de la pression et de la température seulement. Les recherches de M. Frankland, de M. Wüllner et d'autres ont prouvé que, d'une manière générale, par suite de l'élévation de la température et de la pression, un corps passe de l'état dans lequel il fournit un *spectre discontinu* à celui dans lequel il donne un *spectre continu.* La *transparence du corps incandescent* existe dans les deux états. Cette transparence rapprochée d'une propriété particulière de la fonction, que M. Kirchhoff a désignée par J dans son mémoire : « *Sur le rapport entre le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant des corps pour la chaleur*

[1] *Poggend. Annalen*, CXLII, p. 88. Traduction.

et la lumière[1], » suffit, je crois, pour expliquer les phénomènes suivants :

1. L'élargissement que les lignes des spectres discontinus des gaz subissent par suite de l'augmentation de la pression.

2. La transformation d'un spectre discontinu en spectre continu par l'augmentation de la pression.

3. La continuité des spectres des corps incandescents à l'état solide ou liquide.

4. L'influence qu'exerce la pression sur le rapport existant entre les intensités de deux lignes spectrales.

5. L'influence de la température sur la production des spectres d'ordres différents.

2.

Soit : E_λ une quantité de lumière homogène, dont la longueur d'ondulation est λ_1 émise normalement et sous une épaisseur égale à l'unité par l'unité de surface d'une couche de gaz lumineux, plane et infinie.

A_λ la quantité de lumière de la même longueur d'ondulation, absorbée par cette couche et estimée en fractions de la quantité de lumière incidente.

Si l'on suppose maintenant un nombre quelconque m de couches semblables, superposées les unes aux autres et que l'on calcule la quantité de lumière $E_{\lambda m}$ qui est émise perpendiculairement par l'unité de surface de la couche d'épaisseur m ainsi formée, on obtient, pour exprimer cette quantité de lumière, l'équation :

$$E_{\lambda m} = \frac{1-(1-A_\lambda)^m}{A_\lambda} \cdot E_\lambda \quad \ldots . \quad (1)$$

[1] *Poggend. Ann.*, CIX, p. 291. — *Annales de Chimie et de Phys.*, 1861, tome LXII, p. 160.

Si E_{λ_1} et A_{λ_1} représentent les quantités correspondantes pour une longueur d'ondulation λ_1 qui ne diffère que très-peu de la précédente, de telle façon que dans le spectre produit par la dispersion de la lumière provenant de la couche de gaz en question, λ et λ_1 correspondent à deux parties *très-rapprochées* l'une de l'autre, on a :

$$E_{\lambda_1 m} = \frac{1-(1-A_{\lambda_1})^m}{A_{\lambda_1}} E_{\lambda_1}.$$

Il n'est pas nécessaire de mentionner d'une manière spéciale que dans le cas particulier, où la largeur des parties du spectre que l'on compare, ne doit pas être infiniment petite, il faut considérer les valeurs λ et λ_1 comme des valeurs moyennes des bandes lumineuses étroites du spectre, qui confinent les unes aux autres.

Pour représenter le rapport de clarté de ces parties voisines du spectre, en posant

$$\frac{E\lambda}{A\lambda} = J_\lambda \text{ et } \frac{E\lambda_1}{A\lambda_1} = J_{\lambda_1}$$

on obtient :

$$\frac{E\lambda m}{E\lambda_1 m} = \frac{[1-(1-A\lambda)^m]\, J\lambda}{[1-(1-A\lambda_1)^m]\, J\lambda_1} \quad \ldots\ldots (2)$$

3.

Les quantités J_λ et J_{λ_1} sont deux valeurs du rapport des pouvoirs d'émission et d'absorption, relatives à deux valeurs très-peu différentes l'une de l'autre de la longueur d'ondulation à la même température.

Mais cette quantité, multipliée par une constante, n'est pas autre chose que la fonction de la longueur d'ondulation et de la température, désignée par J dans le mémoire de M. Kirchhoff, cité plus haut.

Cette fonction jouit des propriétés remarquables que voici :

1. J est indépendante des propriétés particulières des corps (voyez Kirchhoff, loc. cit., p. 392).

2. Quand la température est constante, c'est-à-dire, pour un seul et même spectre, J varie d'une manière continue avec la longueur d'ondulation jusqu'à la valeur de cette dernière, pour laquelle J s'évanouit (Ibid. 393).

3. « On peut affirmer avec le plus haut degré de probabilité, que la fonction J, à une température constante, ne présente ni maxima, ni minima très-prononcés, lorsqu'on fait varier la longueur d'ondulation » (Ibid. 393).

Il résulte des deux dernières propriétés de la fonction J que, « lorsque le spectre d'un corps incandescent présente des variations brusques, des maxima ou minima très-prononcés, le pouvoir d'absorption de ce corps, considéré comme une fonction de la longueur d'ondulation des rayons incidents, doit aussi présenter des variations brusques, des maxima ou minima très-prononcés, pour les mêmes valeurs de la longueur d'ondulation. »

M. Kirchhoff, s'appuyant sur ce principe, en déduit théoriquement la possibilité du renversement des spectres discontinus des flammes, et comme cette conclusion est confirmée par l'expérience, on peut inversément considérer ce fait comme une vérification empirique des deux propriétés de la fonction J que nous avons citées.

D'après cela les valeurs $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ et $\frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}}$ dans le cas en question ne peuvent différer que très-peu l'une de l'autre, puisque les valeurs λ et λ_1 diffèrent elles-mêmes très-peu entre elles.

Or, comme dans l'expression (2) les quantités A_λ et

A_{λ_1}, conformément à leur définition, ne peuvent être que positives et jamais supérieures à 1, et que dès lors $1 - A_\lambda$ et $1 - A_{\lambda_1}$ doivent être des fractions proprement dites, cette expression, pour des valeurs croissantes de m ou de A, tend vers une limite qui est atteinte, ou bien quand $m = \infty$ ou bien quand $A_\lambda^* = A_{\lambda_1} = 1$.

Dans ces deux alternatives on a simplement :

$$\frac{E_{\lambda m}}{E_{\lambda_1 m}} = \frac{J\lambda}{J\lambda_1}.$$

Cette formule peut se traduire de la manière suivante :

Le rapport de clarté de deux parties rapprochées d'un spectre DISCONTINU *diminue continuellement avec l'accroissement du nombre des couches lumineuses ou avec l'augmentation du coefficient d'absorption de la couche, jusqu'à ce qu'il atteigne la valeur qui correspond, pour la même longueur d'ondulation et la même température, au spectre* CONTINU *d'un corps noir, parfaitement opaque sous l'épaisseur donnée.*

Cette diminution du rapport de clarté de deux parties juxtaposées du spectre, se produisant, en même temps que leur éclat augmente d'intensité, doit se manifester à l'œil, d'abord par un élargissement de la ligne en question, dont les bords cessent d'être nettement tranchés, puis ensuite se traduire par l'apparition graduelle du spectre continu.

4.

On peut démontrer que, les autres circonstances restant les mêmes, l'augmentation de la densité d'un gaz lumineux doit produire exactement le même effet que l'augmentation du nombre des couches dont il a été question plus haut.

En effet, si l'on considère l'affaiblissement d'un rayon lumineux par l'absorption comme étant l'effet d'une certaine quantité de particules que le rayon rencontre dans son passage à travers le milieu absorbant, il s'en suit que la grandeur de l'absorption qui en résulte ne dépend que du *nombre* et non pas de la *distribution* des particules efficientes, *en tant qu'on admet que l'effet absorbant qu'elles exercent est indépendant de leur éloignement réciproque*[1]. Cette thèse est d'autant plus probable que les particules du milieu absorbant sont plus éloignées les unes des autres, c'est-à-dire, que la densité de ce milieu

[1] Pour soumettre cette hypothèse à l'épreuve de l'expérience dans un cas déterminé, par exemple, quand il s'agit de la dissolution d'une substance colorante dans des quantités variables du dissolvant, il ne faut employer dans les déterminations photométriques que de la lumière homogène provenant des bandes étroites d'un spectre. L'emploi de verres colorés doit *a priori* être rejeté, parce que ceux-ci, rigoureusement, laissent toujours passer tous les rayons, bien qu'avec une intensité différente, de telle façon que pour une quantité de lumière suffisamment faible ou pour une épaisseur suffisante du verre, les rayons les plus affaiblis sont moins appréciables à l'œil.

Si on désigne par J_λ l'intensité correspondant à la longueur d'ondulation λ d'un spectre donné, et par A_λ le coefficient d'absorption d'un milieu coloré pour la même longueur d'ondulation et pour l'unité de densité, l'on peut représenter la quantité de lumière émise par tout le spectre par l'intégrale :

$$\int d\lambda\, J_\lambda\,(1-A_\lambda)$$

dans laquelle J_λ et A_λ sont des fonctions de λ, l'intégration devant s'étendre à toutes les valeurs de λ correspondant au spectre.

Pour une autre densité σ du milieu absorbant, en admettant la loi d'absorption, cette intégrale devient :

$$\int d\lambda\, J_\lambda\,(-A_\lambda\,)^\sigma.$$

Pour une valeur déterminée de σ on pourrait toujours trouver la

est plus faible. Si donc la densité de ce milieu change, le rayon qui le traverse a, pour un trajet de même longueur, à passer au travers d'un nombre différent de particules absorbantes, et il est facile de comprendre, dans la supposition dans laquelle nous raisonnons, que ce nombre doit varier proportionnellement à la densité.

Dès lors en rapportant dans les expressions précédentes les valeurs A_λ et A_{λ_1} à l'unité de densité, la quantité de lumière *pénétrant* au travers de la même couche d'une densité σ sera exprimée, en fraction de la lumière incidente, par $(1-A_\lambda)^\sigma$ et $(1-A_{\lambda_1})^\sigma$, conséquemment les quantités de lumière absorbée, par :

$$1-(1-A_\lambda)^\sigma = A_{\lambda\sigma}$$

$$1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma = A_{\lambda_1\sigma}.$$

Comme nous l'avons fait pour l'absorption, rapportons maintenant aussi E_λ et E_{λ_1} à la quantité de lumière

valeur d'un coefficient d'absorption moyen B qui conduirait à l'équation suivante :

$$\int d\lambda\, J_\lambda (1-A_\lambda)^\sigma = (1-B)^\sigma \int d\lambda\, J_\lambda .$$

On comprend cependant que la valeur de B restant constante, cette égalité ne peut pas subsister pour d'autres valeurs de σ. Il est par conséquent inadmissible de vouloir calculer avec l'aide d'un coefficient d'absorption moyen de cette nature, et en s'appuyant sur la loi d'absorption mentionnée plus haut, les quantités de lumière qui traversent un liquide coloré à divers degrés de concentration et de vouloir fonder des conclusions sur la différence entre le calcul et l'observation. *Ces conclusions ne pourraient avoir quelque valeur que si le changement d'épaisseur de la couche traversée par les rayons, la concentration restant constante, produisait un autre effet que celui qui résulte d'une modification de concentration, l'épaisseur de la couche étant constante.* Entreprendre des expériences de cette nature serait le moyen le plus simple de laisser décider à l'observation *seule* si l'effet absorbant des éléments isolés d'un milieu absorbant dépend ou non de leur écartement. (Voir *Poggend. Annalen*, CXLI, p. 69 et suivantes.)

émise par l'unité de densité et désignons par suite par $E_{\lambda\sigma}$ et $E_{\lambda_1\sigma}$ les quantités de lumière émises par la couche considérée à la densité σ. Puisque dans ces modifications on a supposé que la température et la longueur d'ondulation étaient constantes, en s'appuyant sur les propriétés déjà mentionnées de la fonction de Kirchhoff, on obtient les équations :

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{A_{\lambda\sigma}} = \frac{E_\lambda}{A_\lambda}$$

$$\frac{E_{\lambda_1\sigma}}{A_{\lambda_1\sigma}} = \frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}}$$

Si l'on substitue à $A_{\lambda\sigma}$ et $A_{\lambda_1\sigma}$ les valeurs déjà obtenues, et si l'on pose de nouveau :

$$\frac{E_\lambda}{A_\lambda} = J_\lambda$$

$$\frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}} = J_{\lambda_1}$$

on trouve pour le rapport de la clarté de deux parties très-rapprochées du spectre, en fonction de la densité du gaz incandescent l'expression suivante :

$$\frac{E_{\lambda_1}}{A_{\lambda_1}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma]J_{\lambda_1}} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Comme pour une température constante la valeur de σ *varie proportionnellement à la pression, cette formule montre qu'une augmentation de pression doit produire un élargissement des lignes spectrales qui, augmentant par degrés, donne lieu à la continuité de tout le spectre.*

Toutefois il faut observer que ces phénomènes sont indépendants entre certaines limites de la nature particulière de la fonction, exprimant la loi suivant laquelle le

coefficient d'absorption d'une substance varie avec sa densité, pourvu que l'on admette que ce coefficient augmente continuellement avec la densité et tende à se rapprocher de l'unité. D'après sa définition, cette valeur ne peut pas devenir plus grande que l'unité, en sorte que le coefficient d'absorption d'une substance ne peut pas augmenter indéfiniment dans la même proportion que la densité.

Si l'on considère maintenant que pour les corps liquides ou solides les valeurs des coefficients d'absorption A_λ sont beaucoup plus grandes que pour les corps gazeux, on se rend facilement compte de la raison pour laquelle les spectres des corps les plus denses doivent d'une manière générale être des spectres continus.

Quand les parties du spectre que l'on compare ne sont pas rapprochées, mais que λ et λ_1 se rapportent à deux lignes spectrales suffisamment éloignées, la formule ci-dessus montre que le rapport considéré est aussi une fonction de la pression, laquelle, à mesure que celle-ci augmente, s'approche de la valeur limite $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}$.

5.

Pour mettre les résultats acquis mieux en évidence par un exemple, prenons la formule (3)

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma]J_{\lambda_1}}$$

et remplaçons les grandeurs A_λ, A_{λ_1}, $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}$ par des valeurs déterminées, et calculons ensuite $\frac{E_\lambda}{E_{\lambda_1}}$ pour les différentes valeurs de σ.

Posons :

$$A_\lambda = 0{,}100$$
$$A_{\lambda_1} = 0{,}005.$$

Pour les parties du spectre qui sont en contact immédiat la valeur :

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 1.$$

Pour des parties plus écartées, par exemple pour les lignes C et F de l'hydrogène, supposons :

$$\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 0,25$$

tandis que, pour plus de simplicité, nous conservons pour A_λ et A_{λ_1} les valeurs que nous leur avons attribuées ci-dessus.

Partant de ces données, voici les séries exprimant le rapport de la clarté, correspondant à des valeurs croissantes de σ, que l'on trouve pour les parties du spectre que l'on étudie.

Rapport de clarté

de parties voisines. $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 1$ — d'un spectre sous une pression variable — de parties écartées. $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}} = 0,25$

σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$	σ	$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$
1	20,0	1	5,00
10	13,3	10	3,33
20	9,2	20	2,30
30	6,8	30	1,70
40	5,3	40	1,33
50	4 5	50	1,13
60	3,8	60	0,95
70	3,4	70	0,85
80	3,0	80	0,75
90	2,7	90	0,67
100	2,5	100	0,63
200	1,6	200	0.40
300	1,3	300	0,32
400	1,2	400	0,30
500	1,1	500	0,28

Ainsi dans le premier cas, si $\sigma = 1$ la ligne spectrale qu'on examine, paraîtrait vingt fois plus lumineuse que les parties immédiatement visibles et se détacherait, pour l'œil, comme une ligne brillante à contours vifs sur un fond sombre. En supposant que la valeur $\sigma = 1$ corresponde par exemple à la pression de 1^{mm} de mercure dans un tube de Geissler, si l'augmentation de pression atteignait 500^{mm}, le rapport de clarté des parties du fond contiguës à la ligne, comparées à la ligne elle-même, ne serait plus que de 10 à 11, de sorte que cette dernière paraîtrait déjà très-élargie et ses bords ne seraient pas tranchés.

Le second cas montre que, sous l'influence de la compression du gaz incandescent, les différentes parties du spectre peuvent présenter un renversement du rapport de clarté.

Dans l'exemple cité, la clarté $E_{\lambda\sigma}$ d'une ligne dont la longueur d'ondulation est λ se trouve, au commencement de la compression, cinq fois plus grande que la clarté $E_{\lambda_1\sigma}$ d'une ligne correspondant à la longueur λ_1. Si la pression est cinquante fois plus forte, la clarté des deux lignes devient à peu près égale ; mais si la pression commence à augmenter de manière à atteindre cinq cent fois sa valeur primitive, la ligne la plus sombre au commencement devient près de quatre fois plus claire que l'autre.

Si la densité σ diminue peu à peu jusqu'à 0, le rapport de clarté s'approche de la valeur $\frac{0}{0}$. Quand on différencie le numérateur et le dénominateur de la valeur de $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$ par rapport à σ et que l'on pose $\sigma = 0$, on obtient pour cette limite :

$$\frac{J_\lambda \log(1 - A_\lambda)}{J_{\lambda_1} \log(1 - A_{\lambda_1})}$$

Quand J_λ et J_{λ_1} se rapportent à des valeurs rapprochées de λ, de manière à ce qu'on puisse poser $\frac{J\lambda}{J\lambda_1}=1$, on trouve que, par une diminution continue de σ, le contraste entre une ligne claire et le fond, s'approche asymptotiquement d'une valeur maxima qui est exprimée par :

$$\frac{\log(1-A\lambda)}{\log(1-A\lambda_1)}$$

Avec les valeurs admises plus haut pour A_λ et A_{λ_1}, cette quantité serait 20,8, et ne différerait que très-peu de la valeur que le rapport de clarté acquiert quand $\sigma=1$.

6.

Les considérations qui précèdent s'étendent aux modifications du rapport d'intensité lumineuse de deux parties différentes du spectre. Mais les formules qui ont été établies rendent compte également des modifications d'intensité qu'éprouve un même point du spectre quand, la température étant constante, la pression varie.

D'après ce que nous avons vu, la densité du gaz incandescent étant σ, l'intensité correspondante à une certaine longueur d'ondulation λ est représentée par la formule :

$$E\lambda\sigma=\left[1-(1-A\lambda)^\sigma\right]\frac{E\lambda}{A\lambda}.$$

Quand $\sigma=0$, $E\lambda\sigma$ devient nul, et atteint, au contraire, la valeur maxima $\frac{E\lambda}{A\lambda}$ quand $\sigma=\infty$.

Pour une valeur donnée de σ et pour une température donnée, $E\lambda\sigma$ sera, *en général*, un maximum absolu pour une valeur déterminée de λ, en d'autres termes : parmi les différentes lignes brillantes d'un spectre discontinu, il y

en aura *une* qui sera la plus claire, *puisque, dans un spectre donné, $A\lambda$, aussi bien que $\frac{E\lambda}{A\lambda}$, varient comme fonctions de* λ. Ayant égard à ce que, dès que la valeur de $E\lambda\sigma$ s'abaisse au-dessous d'une certaine limite déterminée par la sensibilité de notre œil, la partie en question du spectre échappe à notre perception, il suit de ces considérations le principe suivant :

Si, la température étant constante, on diminue graduellement la densité d'un gaz incandescent, le nombre des lignes d'un spectre doit aussi aller en diminuant, et finalement le spectre se réduit à une seule ligne, dont la position dépend de la température et de la nature du gaz.

Il me semble que ce principe peut déjà être considéré comme confirmé par les observations que MM. Frankland et Lockyer ont publiées l'année dernière dans les *Proceedings of the royal Society*, n° 112. Le passage qui concerne cette question est ainsi conçu :

« Dans certaines conditions de température et de pres-
« sion, le spectre, très-compliqué de l'hydrogène, est ré-
« duit, dans notre instrument, *à une ligne dans le bleu*
« correspondant à F du spectre solaire. Le spectre, éga-
« lement compliqué de l'azote, peut être réduit de même
« *à une ligne brillante dans le vert*, avec des traces d'au-
« tres lignes faibles plus réfrangibles. »

Toutefois, ces observations, à elles seules, ne permettent pas de formuler des conclusions sur la température des corps célestes, qui, comme cela a lieu pour un grand nombre de nébuleuses, présentent le phénomène remarquable de donner des spectres très-simples : les considérations précédentes montrent que des conclusions de cette nature ne sont pas admissibles, *puisque, pour toute tem-*

pérature, quelque élevée qu'elle soit, le spectre du gaz incandescent à un état de raréfaction suffisante peut être réduit à une seule ligne, dont la position pour la même substance ne dépend que de la température.

On peut même affirmer, en s'appuyant sur *le principe* démontré plus haut, *de l'équivalence de la densité et de l'épaisseur de la couche rayonnante*, que les valeurs de la température et de la densité, pour lesquelles un gaz produit des spectres si simples dans un tube de Geissler, sont peut-être assez semblables à celles des nébuleuses, par la raison que l'énorme épaisseur de la couche rayonnante de ces dernières suppose une raréfaction presque infiniment plus grande du gaz lumineux.

D'autre part, on voit que la continuité du spectre d'une nébuleuse ne permet aucune conclusion à l'égard de sa densité, parce que, d'après le même principe, le même effet peut être produit par une épaisseur suffisante de la couche rayonnante.

Du reste, les considérations suivantes pourront peut-être servir à déterminer au moins la limite *inférieure* de la température que l'on peut admettre pour une nébuleuse à spectre discontinu.

L'intensité lumineuse $E\lambda\sigma$ que présente le spectre d'un gaz, pour une densité σ et dans la partie correspondant à la longueur d'ondulation λ, est exprimée par :

$$E_{\lambda\sigma} = [1 - (1 - A_{\lambda})^{\sigma}] \frac{E\lambda}{A\lambda}.$$

Comme on l'a déjà fait remarquer, cette expression ne peut pas devenir plus grande que $\frac{E\lambda}{A\lambda}$, et cette valeur, conformément au principe de Kirchhoff, représente l'intensité que produit, à la même température et pour la

même longueur d'ondulation, cette partie du spectre pour un corps parfaitement noir, et cela *quelles que soient d'ailleurs ses autres propriétés*[1]. Ainsi, quand on chauffe un corps sombre et opaque qui correspond le mieux possible aux conditions voulues, par exemple, un petit morceau de charbon rendu incandescent par le courant d'une pile voltaïque, et qu'on produit le spectre de la lumière émise, la température du charbon incandescent sera inférieure à la température du gaz lumineux à spectre *discontinu*, aussi longtemps que la clarté du spectre continu du charbon, à la place qui correspond à une ligne claire du spectre du gaz, sera plus *petite* ou *égale* à la clarté de cette ligne. Il est entendu dans cette opération que, toutes choses égales d'ailleurs, $\frac{E_\lambda}{A_\lambda}$ augmente continuellement avec la température.

Si l'on compare maintenant la clarté d'une ligne du spectre d'une nébuleuse avec la clarté de la place homologue du spectre du charbon, on pourra, en négligeant l'absorption par l'espace céleste, mais en tenant un compte

[1] On remarque sans peine que cette expression, quand $\sigma = \infty$, représente l'opacité absolue de la couche de gaz que l'on examine, puisque $1-(1-A_{\lambda})^{\sigma}$ exprime la quantité de lumière $A_{\lambda\sigma}$ absorbée par cette couche en fraction de la quantité de lumière incidente d'une longueur d'ondulation λ. Lors donc que cette quantité de lumière $A_{\lambda\sigma}$ devient égale à l'unité, cela signifie que l'absorption d'un rayon incident sur cette masse de gaz est complète. Quand on considère que tous les corps, même ceux qui sont relativement opaques, deviennent transparents lorsqu'on les emploie en lames suffisamment minces, et que d'après le principe démontré plus haut sur l'équivalence de l'épaisseur et de la densité des couches traversées, on peut dans la formule ci-dessus remplacer la densité σ par le nombre m des couches rayonnantes et absorbantes, on est conduit à conclure que cette expression est aussi applicable à d'autres corps, *puisqu'elle comprend en même temps la nécessité de la continuité de leurs spectres.*

suffisant de l'absorption par notre atmosphère, on pourra, dis-je, par le moyen indiqué, déterminer la limite *inférieure* de la température de la nébuleuse, dès qu'on aura réussi à déterminer la température du charbon en incandescence électrique.

7.

Nous avons vu plus haut que, théoriquement, l'on peut considérer comme admissible et probable la dépendance *de la position* des lignes d'un spectre discontinu de la *température* et de la *nature* des gaz incandescents. Cette dépendance est extrêmement remarquable, et suffit amplement, je crois, pour expliquer l'intéressant phénomène, découvert par Plücker, des *spectres d'ordres différents*, d'un seul et même corps. Car l'expression représentant le rapport de clarté de deux points *voisins* d'un spectre :

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}} = \frac{[1-(1-A_\lambda)^\sigma]\,J_\lambda}{[1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma]\,J_{\lambda_1}}.$$

ne dépend, σ étant constante, que des valeurs du pouvoir d'absorption A_λ et A_{λ_1}, parce que, dans ce cas, on peut toujours poser $\frac{J_\lambda}{J_{\lambda_1}}$ égal à un. Mais ces valeurs peuvent, lorsque la température varie d'une manière continue, avoir des maxima et des minima semblables pour *la même longueur d'ondulation*, de même qu'elles en présentent incontestablement pour *la même température*, lorsque c'est la longueur d'ondulation qui change d'une manière continue, ce qui produit le phénomène des spectres discontinus. La simplicité et la continuité qui ont été admises pour la fonction J de Kirchhoff ne concernent que le *rapport* des grandeurs E_λ et A_λ, et non leurs valeurs absolues. Tandis que cette fonction est *la même* pour

tous les corps, E_λ et A_λ, en tant que fonctions de la température et de la longueur d'ondulation dépendent précisément de la nature particulière des corps. On voit, d'après cela, que, la température variant, ce n'est que par des changements de valeur de A_λ et A_{λ_1} que l'expression $\frac{E_\lambda \sigma}{E_{\lambda_1} \sigma}$ pourrait prendre des valeurs différentes *plus grandes ou plus petites que* 1. Il en résulte que *le rapport de clarté de deux points rapprochés du spectre peut être renversé par des changements dans la température, et qu'à la place où se trouvait un maximum il peut apparaître un minimum.*

De plus, pour ce qui concerne les modifications d'intensité de deux parties *rapprochées* du spectre, les effets de la température et de la pression présentent une différence essentielle. Tandis que, pour des variations de la température, le rapport d'intensité de parties voisines peut être renversé; cela n'est pas possible pour des changements de pression. En augmentant la pression, on peut arriver à faire disparaître une différence d'intensité existante, mais on ne peut la renverser. Si donc on observe des renversements semblables dans différents spectres d'une même substance, ce phénomène peut provenir uniquement d'une différence de température.

On est par conséquent fondé à établir d'une manière générale le principe suivant :

Quand la différence de deux spectres d'un même gaz incandescent est de telle nature que, pour des rayons d'une réfrangibilité quelconque, un maximum de l'un des spectres correspond à un minimum de l'autre, il faut que les températures correspondant aux deux spectres soient différentes.

D'après cela, on est conduit à considérer la production des spectres d'ordres différents d'un même gaz comme un phénomène produit par des changements de température, et non par des changements de densité du gaz incandescent.

8.

De même que M. Kirchhoff conclut empiriquement à la continuité de la fonction J quand la longueur d'ondulation λ change, tandis que la température t reste constante, de même on peut conclure à la continuité de cette fonction quand λ est constante et que la température t est variable.

M. Kirchhoff fait la remarque suivante (Mémoire cité, p. 293) à l'égard de la première de ces continuités :

« Quand la température est constante, la fonction J change d'une manière continue avec la longueur d'ondulation, aussi longtemps toutefois que celle-ci n'atteint pas la valeur à laquelle pour la température donnée J commence à disparaître. La preuve de l'exactitude de cette assertion se trouve, entre autres, dans la continuité du spectre d'un fil de platine incandescent, pourvu qu'on admette que le pouvoir d'absorption de ce corps est une fonction continue de la longueur d'ondulation des rayons incidents. »

Cette conclusion repose sur ce que le spectre de corps noirs, *opaques*, incandescents, présente à notre œil, placées les unes à côté des autres, l'ensemble des valeurs de la fonction J, qui correspondent aux différentes valeurs de λ, telles que celles-ci résultent de la température du corps incandescent. Si maintenant l'intensité de l'impression physiologique, avec laquelle les différentes va-

leurs de J dans un même spectre agissent sur notre sensorium n'est pas elle-même une fonction de la longueur d'ondulation, ou, en d'autres termes, si nous pouvions supposer que le rapport d'intensité physiologique de deux parties différentes du spectre fût égal au rapport d'intensité mécanique, la marche de la fonction J, lorsque la longueur d'ondulation varie, pourrait tout simplement être représentée par la courbe d'intensité photométrique d'un spectre donné du corps incandescent correspondant à une température constante. Bien qu'une représentation graphique de ce genre ne soit pas possible d'après ce qui a été dit, et que l'on ne connaisse pas la nature de la fonction physiologique suivant laquelle l'impression optique, produite par un rayon homogène d'une force vive constante, varie avec la longueur d'ondulation, on peut cependant affirmer que cette fonction doit *nécessairement* être continue[1]. S'il n'en était pas ainsi, les spectres des corps opaques incandescents ne pourraient produire une impression continue sur notre sensorium que dans le cas où la fonction physiologique se trouverait être d'une forme discontinue telle qu'une valeur maxima, dans une des fonctions, fût constamment compensée par une valeur minima dans l'autre. Or, comme il serait évidemment absurde d'admettre une relation semblable entre les corps incandescents et notre sensorium, il en résulte que la continuité des spectres de corps opaques incandescents doit avoir pour conséquence la continuité de la fonction J, aussi bien que celle de la fonction physiologique de l'intensité de l'excitation, en

[1] Les termes de « continu et discontinu » ne doivent pas être entendus ici dans le sens mathématique, mais seulement au point de vue de la présence ou de l'absence de maxima ou de minima très-accentués.

tant qu'elle dépend de la longueur d'ondulation. De ce que la fonction J, pour une valeur constante de λ, ne varie pas d'une manière discontinue avec la température, mais plutôt qu'elle croît constamment avec celle-ci, il résulte, autant qu'on peut le conclure des observations, que le spectre d'un corps opaque incandescent devient *continuellement* plus clair dans toutes les parties quand la température s'accroît, lors même que la rapidité de cette augmentation de clarté peut être très-différente pour différentes valeurs de λ. Il s'en suit que, pour les valeurs de la température qui correspondent à des maxima ou des minima très-prononcés de E, A doit aussi présenter des maxima ou des minima très-marqués, et, *en général*, que les modifications qu'éprouve E sous l'influence des variations de température, doivent être accompagnées de modifications de A *dans le même sens*. Or, *comme l'expérience a démontré jusqu'ici que pour une valeur quelconque de λ, les valeurs de E vont en augmentant lorsque la température s'élève, il faut aussi supposer que les valeurs de A, à une température élevée, seront en général plus grandes qu'à une température basse.* Il en résulte une conséquence importante, relativement à la transformation d'un spectre discontinu en spectre continu par l'augmentation de la densité du gaz incandescent.

En effet, quand on considère le rapport de l'intensité de deux parties *rapprochées* du spectre, c'est-à-dire lorsque λ et λ_1 ne diffèrent que très-peu l'une de l'autre, les valeurs des deux fonctions $\frac{E\lambda}{A\lambda}$ et $\frac{E\lambda_1}{A\lambda_1}$ ne peuvent également présenter qu'une très-petite différence ; en sorte que le rapport de ces fonctions peut être supposé égal

à l'unité, et, dans ce cas, comme nous l'avons vu plus haut, on a l'expression :

$$\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}} = \frac{1-(1-A_\lambda)^\sigma}{1-(1-A_{\lambda_1})^\sigma}.$$

Plus les valeurs de A_λ et A_{λ_1} sont grandes, plus la valeur $\frac{E_{\lambda\sigma}}{E_{\lambda_1\sigma}}$ converge rapidement vers l'unité, lorsque σ croît, ce qui entraîne, comme conséquence immédiate, l'élargissement de la ligne considérée, et finalement la continuité de tout le spectre.

Dans l'exemple que nous avons mentionné précédemment, on avait supposé :

$$A_\lambda = 0,100$$
$$A_{\lambda_1} = 0,005$$

et le rapport d'intensité des parties spectrales observées, correspondant à ces valeurs, s'est trouvé diminué par l'augmentation de la pression de $\sigma=1$ à $\sigma=500$, de la valeur 20,0 à 1,1. Mais si l'on suppose maintenant ces valeurs cinq fois plus grandes, savoir :

$$A_\lambda = 0,500$$
$$A_{\lambda_1} = 0,025.$$

on obtient, pour les différentes valeurs de σ, la série suivante des rapports d'intensité :

σ	$A_\lambda=0,500$ $A_{\lambda_1}=0,025$	$A_\lambda=0,100$ $A_{\lambda_1}=0,005$
1	20,0	20,0
10	4,5	13,3
20	2,5	9,2
40	1,6	5,3
80	1,1	3,0.

Ainsi le rapport d'intensité, qui au début était le même, atteint déjà la faible valeur 1,1 à une pression 8

fois plus petite que celle qui est nécessaire pour obtenir ce chiffre d'intensité, avec de faibles valeurs du pouvoir d'absorption.

Ces derniers résultats peuvent être exprimés par les deux propositions suivantes :

Le rapport d'intensité de deux parties, rapprochées d'un spectre, se modifie d'autant plus rapidement avec la densité que le pouvoir absorbant correspondant à ces parties est plus grand.

Et, considérant qu'à une température élevée les valeurs du pouvoir d'absorption sont généralement plus grandes :

Un spectre discontinu se transforme d'autant plus rapidement en spectre continu, sous l'influence d'une densité croissante, que la température du gaz incandescent est plus élevée.

En s'appuyant sur la première de ces propositions, on peut conclure des grands changements éprouvés par une certaine ligne d'un spectre, par exemple la ligne *F* de l'hydrogène, lorsque la pression varie, que les valeurs du pouvoir d'absorption de cette partie du spectre sont relativement grandes, pourvu qu'on tienne compte de la différence de la dispersion dans les différentes parties d'un spectre produit par réfraction.

La seconde proposition montre que, la densité étant constante, une élévation suffisante de la température du gaz incandescent peut transformer un spectre discontinu en un spectre continu. Cette conséquence est confirmée par les observations de M. Wüllner, d'après lesquelles, la pression étant constante, les faibles décharges correspondent à des spectres discontinus, les fortes à des spectres continus, ou tendant à devenir continus, comme cela au-

rait eu lieu par une augmentation de pression sous l'influence de faibles décharges [1].

9.

Jusqu'ici dans les recherches entreprises sur les modifications que subit l'éclat relatif de parties voisines du spectre par suite de changements de densité des gaz incandescents, on s'est borné à comparer entre elles seulement *deux* parties rapprochées. Mais quand il s'agit de déterminer d'une manière générale les changements qui peuvent se produire dans le contraste en vertu duquel une ligne claire se détache sur le fond plus sombre de son entourage immédiat, il faut prendre en considération les modifications que la clarté du fond éprouve des *deux* côtés de la ligne. Maintenant deux cas peuvent se présenter : ou bien les valeurs du pouvoir d'absorption des deux côtés sont égales, de façon que leur courbe soit symétrique à partir du maximum, ou bien cette symétrie n'existe pas. On comprend facilement que dans le second cas, qui est évidemment le plus général et qui pour cette

[1] Voyez *Pogg. Annalen*, CXXXVII, p. 344 et suivantes. M. Wüllner compare ici le spectre de l'hydrogène dans un tube de Geissler, tel qu'il se produit sous une pression de 300mm par la décharge d'une bouteille de Leyde, avec celui qui se manifeste sous une pression beaucoup plus élevée par des décharges de l'appareil d'induction. Voici ces propres expressions :

« A mesure que la pression continue à augmenter H_β et H_γ s'étendent de plus en plus, en sorte qu'elles n'apparaissent bientôt plus que comme des maxima de clarté sur un fond lumineux dont l'éclat augmente continuellement ; en même temps H_α perd peu à peu sa netteté, ses bords deviennent baveux et s'étendent de telle façon, que sous une pression du gaz de 300mm le spectre produit à l'aide de la bouteille de Leyde a à peu près la même apparence que lorsque, sans bouteille, le gaz était comprimé à près de trois atmosphères. Dans ces circonstances la clarté des spectres est aussi à peu près la même. »

raison se présentera le plus fréquemment, l'élargissement des lignes par suite des changements de densité doit se produire plus vite sur le côté de la ligne sur lequel se trouvent les plus grandes valeurs du pouvoir d'absorption, et où par conséquent leur courbe tombe moins rapidement. Quoique le *maximum* de clarté d'une ligne ne puisse jamais être déplacé *uniquement* par des changements de densité, comme nous l'avons montré plus haut, cependant la nature de la dissymétrie que nous avons signalée, aura en général pour effet que le milieu de la ligne élargie par l'augmentation de pression ne coïncidera plus avec le milieu de la ligne non élargie : de sorte qu'en se fondant sur ce qui précède on peut établir la proposition suivante :

Le milieu de la ligne élargie par une augmentation de pression éprouve un déplacement vers le côté du spectre où le pouvoir d'absorption du gaz incandescent est le plus grand.

On ne peut donc pas attribuer sans autre examen le déplacement des *milieux de lignes inégalement larges* de la même substance, dans des sources de lumière différentes, à un changement de la réfrangibilité produit par le rapprochement ou l'éloignement du corps lumineux. En général, on ne pourrait admettre avec quelque sécurité l'intervention d'une cause de ce genre que si l'on arrivait à démontrer que le déplacement de *plusieurs* lignes de la même substance concorde, soit qualitativement, soit quantitativement.

10.

L'élargissement des lignes spectrales à mesure que s'épaissit la couche des vapeurs incandescentes peut être

mis en évidence d'une manière très-simple pour les lignes du sodium, en enfonçant plus ou moins une perle de sel dans la flamme d'un bec de Bunsen, et en introduisant des quantités plus ou moins grandes de vapeur de sodium dans cette flamme. Pour de faibles quantités, les lignes sont fines et les bords sont tranchés, pour de grandes quantités elles sont élargies et baveuses. *Toutefois celle des deux lignes du sodium qui est la plus réfrangible s'élargit plus que l'autre, en sorte que lorsque la quantité de vapeur qui peut être produite de cette manière est la plus grande possible, la plus réfrangible des lignes est au moins deux fois aussi large que l'autre.*

Ce fait conduit d'après le § 8 à cette conclusion, qu'aux valeurs de λ correspondant à la ligne la plus réfrangible du sodium, correspondent des valeurs plus élevées du pouvoir d'absorption et par conséquent aussi, puisque la fonction J de Kirchhoff est continue, des valeurs plus grandes du pouvoir d'émission.

Ces deux conséquences sont confirmées par les observations. Quand on compare attentivement les deux lignes du sodium dans le spectre solaire, on trouve que celle qui est la plus réfrangible est franchement plus foncée que l'autre, fait qui prouve que le pouvoir d'absorption est plus fort à cette place.

D'autre part, quand on compare entre elles les lignes brillantes du sodium, quelle que soit la source de lumière dont elles proviennent, on trouve que la plus réfrangible est toujours plus brillante que l'autre, indépendamment de la densité de la vapeur. Cette différence d'intensité devient particulièrement frappante quand on opère de la manière suivante. On ouvre peu à peu la fente du spectroscope jusqu'à ce que les bords intérieurs des

lignes du sodium arrivent en s'élargissant à se toucher. Les bandes brillantes ainsi rapprochées présentent alors une différence d'éclat si grande qu'elle est aussitôt saisie par l'œil. Cette expérience prouve en même temps l'émission plus grande pour les valeurs de λ correspondantes à la plus réfrangible des lignes D.

Dans le but de confirmer aussi par l'expérience la dissymétrie de l'élargissement des lignes du sodium à laquelle doit conduire la théorie que nous avons développée, j'ai amené à l'aide de mon spectroscope à réversion, chacune des deux lignes brillantes d'un des spectres à coïncider avec la ligne analogue de l'autre spectre, de telle façon que chaque ligne, tombant exactement sur le prolongement de l'autre, formât en apparence une seule ligne d'une longueur double. Pour la ligne la plus réfrangible, celle qui s'élargissait le plus par l'augmentation de la densité de la vapeur, on ne remarquait pas de déplacement, mais l'autre ligne, quand l'intensité augmentait, paraissait éprouver un faible déplacement dans le sens d'une diminution de la réfrangibilité. Si l'on se refuse à considérer cette expérience comme suffisamment décisive, on ne peut guère en revanche expliquer autrement que par la supposition d'un semblable élargissement asymétrique de l'une ou de l'autre des lignes du sodium, l'observation intéressante qu'a faite occasionnellement M. le Dr J.-J. Müller, privat-docent à l'Institut physiologique de notre ville, en s'occupant d'autres recherches.

M. le Dr Müller a trouvé, en effet, que les bandes d'interférence de Newton qui sont produites par une lumière de sodium homogène dans une plaque de verre à faces parallèles de 5 millimètres d'épaisseur, la différence de parcours étant d'environ 20,000 ondulations, se déplacent

à peu près de toute la distance de deux anneaux, quand l'intensité de la flamme de sodium varie comme il a été dit sous l'influence de changements dans la quantité de vapeur. Ce déplacement, lorsque l'intensité va en croissant, est accompagné d'une diminution de netteté des contours des anneaux, jusqu'à ce que ces derniers disparaissent complétement, ce qui est une conséquence nécessaire de l'élargissement des lignes par la diminution de l'homogénéité de la lumière. La grandeur et la direction de ce déplacement indiquent une diminution de réfrangibilité de la lumière à laquelle correspondrait dans le spectre un déplacement de l'une ou de l'autre des lignes du sodium pouvant s'élever tout au plus à $\frac{1}{200}$ ou $\frac{1}{100}$ de leur distance réciproque.

On voit que cette méthode d'observation est infiniment plus sensible que la méthode spectroscopique, pour montrer l'existence d'une disymétrie de l'élargissement des lignes, à moins que faute d'une quantité de lumière suffisante, on soit hors d'état de l'employer. D'ailleurs M. Müller publiera prochainement de plus amples détails sur ces expériences dans un mémoire spécial. J'ai également l'intention de reprendre ce qui concerne l'application des thèses développées plus haut, à des recherches d'analyses spectrales sur la nature physique des corps célestes, et en particulier à la détermination des relations de pression et de température de l'atmosphère solaire.

OBSERVATIONS

SUR

L'ÉLECTRICITÉ DE L'AIR ET SUR L'AURORE BORÉALE

FAITES

PENDANT L'EXPÉDITION SUÉDOISE DE 1868 AU POLE NORD

PAR

SELIM LEMSTRÖM

Professeur agrégé à l'Université d'Helsingfors (Finlande) [1].

Il n'existe maintenant plus aucun savant qui ne soit convaincu que la lumière polaire est un phénomène dû à des mouvements d'électricité dans les régions supérieures de l'athmosphère. Des deux opinions mises en avant pour l'explication du phénomène, l'une qui en cherche exclusivement l'origine dans le magnétisme terrestre, l'autre qui la cherche dans l'électricité de l'air, la première a dû céder la place à la seconde qui présente en sa faveur des preuves toujours plus convaincantes. Malheureusement, on ne possède pas une étude suffisante de l'état électrique de l'air dans les hautes régions polaires, étude qui ferait probablement disparaître les doutes qui peuvent encore subsister dans la question. Les tentatives faites pour découvrir la nature de l'électricité atmosphérique dans les régions de l'ex-

[1] Nous avons reçu la communication manuscrite du travail de M. Lemström par l'intermédiaire de M. Edlund ; nous nous empressons de la faire connaître à nos lecteurs ; nous la ferons suivre de quelques réflexions que nous ont suggérées les intéressantes observations qu'elle renferme. (A. DE LA RIVE.)

trême Nord, n'ont en général donné que des résultats négatifs, sauf cependant les recherches faites par les savants français aux environs de Bossekop, qui, en lançant un cerf-volant ou une flèche liés par un fil conducteur avec un électroscope, jusqu'à une hauteur verticale de 30 à 40 mètres, ont constaté la présence permanente de l'électricité positive ; mais ces observations sont toutefois trop peu nombreuses et ont été faites sous une latitude encore trop peu élevée pour être suffisamment concluantes.

I

L'un des buts les plus importants que je me proposais dans les recherches physiques de l'expédition de 1868, était l'étude des phénomènes relatifs à l'électricité de l'air ; mais malgré tout le soin que j'y apportai, cette étude ne me donna que des résultats négatifs ; toutefois, comme je suis convaincu d'en avoir trouvé la cause, je vais décrire brièvement les expériences que je tentai, pour passer ensuite aux observations que j'eus l'occasion de faire sur l'Aurore boréale.

Une première expérience faite les 26 et 28 août 1868, sur une étroite langue de terre, à Hobbebay, au moyen de l'électromètre, ne donna aucun résultat, quoique les observations eussent lieu plusieurs fois par jour, et même la nuit, en même temps que j'observais les instruments magnétiques. Croyant trouver la cause de ces résultats négatifs, soit dans l'insensibilité de l'électromètre, soit dans la nature de la localité resserrée de trois côtés entre les montagnes et ouverte seulement du côté de la mer, je résolus de modifier mon instrument et de chercher une place plus découverte pour mes observations. Ce ne

fut que le 28 septembre que je pus donner suite à ce projet, pendant que la *Sophie* était mouillée à Southgat.

Après avoir rendu mon électromètre plus sensible, je me rendis, le jour indiqué ci-dessus, entre 11 heures et midi, à un îlot situé à l'embouchure du Southgat, et j'installai mon instrument à 600 pieds au-dessus de la mer, au point le plus élevé de l'île. Malgré toutes les précautions que je pris, je ne pus obtenir encore aucun résultat certain, ce qui tenait probablement en partie à des coups de vent d'une grande violence qui produisaient des oscillations sur l'électromètre. De nouvelles observations, faites le 7 octobre à Kingsbay, furent également sans succès.

Quoique ces expériences soient trop peu nombreuses et trop incomplètes pour permettre d'en tirer quelque conclusion positive, je suis convaincu que cette absence de manifestations électriques a sa cause dans le fait de la constitution toute particulière de l'air dans ces régions. Un coup d'œil jeté sur les observations hygrométriques montre que l'air y est presque d'une manière permanente saturé d'humidité, et que cette humidité n'y existe pas seulement sous forme de vapeur insensible, mais aussi sous celle de brouillard. Cette circonstance rend à peu près impossible d'isoler l'instrument et d'obtenir, par conséquent, des effets d'électricité de tension. On peut donc admettre qu'il n'existe aucune électricité de tension dans les régions aériennes les plus rapprochées de la plaine, mais que l'électricité s'élève constamment dans les hautes régions de l'atmosphère, à travers l'air humide. Je suis donc disposé à croire que des observations sur l'électricité de l'air faites dans ces régions donnent toujours des résultats négatifs, du moment où l'on opère à

ras terre. Il faudrait se placer sur une sommité élevée et avoir un instrument qui permît d'atteindre les couches supérieures de l'atmosphère, comme le serait un cerf-volant de Franklin.

Laissant de côté ces expériences incomplètes qui pourront seulement servir peut-être de guides dans des expériences futures, je passe aux observations de l'Aurore boréale.

Les derniers jours de septembre la *Sophie* était mouillée à Southgat, détroit situé entre l'île dite Danoise (Danskow) et le continent du Spetsberg, à 79° 39′ 7″ de latitude et 11° 7′ de longitude de Greenwich. Ce détroit était entouré au nord et au sud de montagnes s'élevant au sud à 300 mètres environ de hauteur ; à l'issue du golfe se trouve l'île mentionnée ci-dessus, et à l'est la vue est limitée par des montagnes à hauteurs très-variables. Le mouillage de la *Sophie* était immédiatement à côté de Danskow, un peu au N.O. de l'île, à l'embouchure du détroit. En revenant de l'île Danoise, où des instruments pour les observations magnétiques avaient été déposés, j'aperçus sur le dos de la montagne, au sud, une forte lumière polaire s'élevant à environ 10 à 15 degrés de la montagne, en rayons ondoyants nettement limités, présentant à leur base une lumière jaunâtre diffuse, mais prenant plus haut la forme de bandes verticales oranges, et formant au sommet une série de pointes aiguës très-proéminentes. Les rayons ondoyaient en se mouvant, et la crête de la montagne était entourée d'un léger brouillard que le vent chassait de l'E.N.E. à l'O.S.O. En quelques minutes le brouillard eut dépassé la montagne, et les rayons disparurent ; mais la crête même continua à être entourée d'une pâle lueur errante qui flottait le

long de la montagne, et dont l'existence assez difficile à constater ne me laissa cependant aucun doute, car l'analyse spectrale m'y fit reconnaître très-clairement l'existence de la raie jaune découverte dans la lumière polaire par M. Angström. Je continuai d'observer la crête de la montagne sur laquelle les vapeurs brumeuses se succédaient, tout en laissant apparaître de temps en temps la lueur pâle que je viens de signaler.

Toutefois à 11 heures 30 minutes, les bords supérieurs du brouillard, qui présentaient beaucoup de ressemblance avec un nuage à bords inégaux, commencèrent à briller d'une lumière diffuse jaune-blanche qui, dans le cours d'une minute, se convertit en rayons jaunes et rougeâtres, lesquels s'étendirent en ondoyant le long des bords du brouillard dont ils suivirent les irrégularités jusque dans leurs moindres détails. Le brouillard s'éleva d'environ 10° sous forme d'un arc au-dessus de la montagne, et les rayons atteignirent une hauteur de 10° à 15°, ce qui donne, pour l'ensemble du phénomène, une hauteur totale de 20° à 25° au-dessus de l'horizon. En même temps, on commençait à apercevoir, au nord, un enchevêtrement de bords brillants de nuages, parmi lesquels j'en distinguai avec certitude un d'où partait un rayon jaunâtre nettement marqué, reliant en apparence ce nuage à un autre. Le ciel était au reste couvert de légères stries nuageuses traversant le zénith dans la direction de l'est à l'ouest, et les étoiles scintillaient par places.

Le jour suivant, 26 septembre, ayant observé avec attention la crête de la montagne, je la trouvai presque totalement couverte de neige, excepté à une ou deux places qui semblaient être celles où la lumière de la veille avait paru la plus faible. Le soir du même jour, le phéno-

mène se manifesta aux mêmes points, mais toutefois avec quelques modifications. Un peu au-dessus de l'horizon, apparut, au S.O., à peu près en face du cap qui terminait la montagne, une série de nuages à bords supérieurs fortement éclairés d'une lumière diffuse jaune et blanche qui, très-intense à l'extrême bord du nuage à l'ouest, diminuait d'éclat du côté de l'est le long du bord du nuage, et devenait à peine sensible là où l'extrémité du nuage semblait se confondre avec le cap. On vit bientôt paraître des rayons semblables à ceux observés la veille, qui semblaient s'élever d'un brouillard s'étendant le long de la crête, mais cependant un peu en arrière. Cette fois le phénomène semblait se passer en général à une plus grande distance que lors des observations précédentes; mais la forme et la couleur des rayons étaient les mêmes, et j'obtins également avec le spectroscope la raie jaune, tant de la lumière émanée du bord des nuages que de celle provenant des rayons eux-mêmes.

Le 27 septembre, après avoir observé dans la matinée un rayonnement de lumière d'un blanc jaunâtre, provenant d'un bord de nuage saillant devant une paroi de nuages, j'aperçus, à 11 heures 30 minutes du soir, une lueur errante et faible se mouvant distinctement le long de l'arête de la montagne. La lumière parut pendant quelques instants sous la forme de rayons d'un jaune clair à éclat brillant et suivant, dans leurs moindres détails, les sinuosités de la montagne; la lueur paraissait suivre l'arête de la montagne, et je pus constater, par le mouvement des brouillards, que le phénomène lumineux avait lieu sur l'arête même.

Le 30 septembre, à 9 heures 28 minutes du soir, je fus témoin, dans l'île d'Amsterdam, d'un phénomène lu-

mineux très-intense, qui montrait, de la manière la plus frappante, que toutes les cimes et toutes les arêtes les plus élevées étaient entourées d'une lueur pâle, principalement quand elles étaient couvertes d'un voile de brouillards. On pouvait clairement distinguer les contours des montagnes, et au-dessus un effet de lumière qui, souvent, se prolongeait à une grande hauteur, et finissait, en diminuant peu à peu d'intensité, par disparaître insensiblement dans les couches supérieures du brouillard. Cette lumière se montra pendant tout le temps de l'arrière-saison que nous demeurâmes au Spetsberg. Sur les sommités qui dominent un glacier qui descend à l'extrême fond du golfe de Smeerenburgbay, la lueur prenait encore plus de force ; on aperçut même, sur un point, des rayons rougeâtres qui ressemblaient à des flammes, et où le spectroscope indiquait la présence évidente de la raie jaune. Pendant les jours où ce phénomène fut observé, le vent était très-fort et avait une direction variable et difficile à déterminer ; cependant, on put s'assurer qu'il y avait deux courants d'air luttant l'un contre l'autre, venant l'un du Nord ou de l'Est, l'autre du Sud ou de l'Ouest.

Dans la première quinzaine d'octobre, pendant le séjour de la *Sophie* à Kingsbay, on aperçut, toutes les nuits, des brouillards brumeux qui enveloppaient les sommités et les arêtes des montagnes, et dont l'éclat semblait augmenter à mesure que la saison avançait. Indépendamment de ce phénomène général, on observa, le 9 octobre, à 5 heures du matin, une lumière polaire qui brillait au Sud, à 1000 pieds environ au-dessus de la chaîne des montagnes, et qui s'éteignait peu à peu du côté du Nord. Une lumière à peu près semblable se montra le 11 octobre, et le 12 un nuage se résolvant en neige fine sur les

montagnes, laissait voir au-dessous de lui une lumière jaune-pâle formant, de son côté, des aspérités aiguës. Le phénomène lumineux présentait un mouvement ondulatoire, outre le mouvement en avant qui lui était imprimé par la marche des nuages vers l'Ouest. Bientôt la lumière disparut et fut remplacée par la chute d'une neige fine. Le 14 et le 15 octobre, dans la soirée, un nuage s'élevant, le 14 à l'O.S.O. et le 15 au S.E., présenta, quand il fut à une assez grande hauteur au-dessus de l'horizon, une lumière d'un jaune intense partant de ses bords supérieurs, qui ne tarda pas à se transformer en véritables rayons de lumière polaire, jaunâtres à leur base et tournant au rouge à leur sommet. Ces rayons, qui se mouvaient avec le nuage, s'élevèrent avec lui jusqu'aux environs du zénith, tendant à y former une couronne.

A l'entrée de la *Sophie* dans l'archipel norwégien, le 18 octobre au soir, on aperçut des fragments de lumière polaire épars çà et là dans tout le ciel au Nord et à l'Est, lesquels finirent par former un anneau continu autour de l'horizon. Les rayons de cet anneau, s'allongeant graduellement et se rencontrant subitement autour du zénith, formèrent, pendant quelques instants, une couronne boréale d'une régularité parfaite et présentant les plus vives couleurs.

A notre arrivée à Tromso, j'étudiai au spectroscope une belle lumière polaire qui se montra le 21 octobre, en commençant au Nord. Les premiers rayons accusèrent nettement la raie jaune dont il a été question. Le phénomène devenant plus brillant, il se forma vers le sud une bande chatoyant en jaune, en rouge et en vert, qui donna 1° la raie jaune; 2° dans la partie bleue une raie

très-nette et très-claire; 3° deux lignes de l'épaisseur d'un cheveu présentant des stries horizontales très-prononcées du côté du jaune. Je dois remarquer que la lumière de la raie jaune m'a toujours paru offrir la particularité d'être variable en intensité, tantôt plus vive tantôt moins forte. Le 27 octobre on put déterminer d'une manière plus précise la position des raies, et on trouva que la raie jaune fournie par une lumière colorée en jaune par le chlorure de sodium, était située à 61°,0; on avait dans la lumière aurorale la raie jaune à 74,9, la raie bleue à 65,90, et l'une des raies nuancées à 125,0; la seconde des raies nuancées était à 105,0 environ.

II.

Admettant en général la plupart des opinions émises dans l'ouvrage de M. Loomis sur l'Aurore boréale [1], et qui se rapprochent beaucoup de la théorie donnée par M. de la Rive avec des expériences à l'appui, je crois devoir cependant, à la suite des observations que j'ai rapportées, élever quelques doutes sur certaines parties de ce travail, et en partie sur celles qui sont relatives à la nature particulière du phénomène.

Le fait que la lumière polaire est un phénomène électrique se passant dans l'atmosphère est bien établi par l'analogie qui existe entre ses effets et ceux des courants électriques. Elle produit, comme eux, des perturbations sur l'aiguille aimantée et des courants dans un bon conducteur. Le phénomène lumineux lui-même a une parfaite ressemblance avec la lumière dégagée par des décharges électriques dans une atmosphère humide ou

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, tome XXXI, p. 273.

entre des électrodes placées dans l'air raréfié. Les résultats de l'analyse spectrale, tant ceux découverts par M. Angström, que les raies nouvelles que j'ai constatées, sont une nouvelle preuve de l'origine électrique de la lumière polaire, car pour avoir un spectre avec un gaz il faut qu'il soit incandescent, et l'électricité est la seule source de chaleur qui puisse produire cette incandescence dans les molécules aériennes et les autres particules constituantes de l'atmosphère.

La question de la hauteur à laquelle se manifeste la lumière polaire a été fortement controversée. A la suite d'observations faites en Amérique avec exactitude en plusieurs localités séparées, M. Loomis avait trouvé pour la hauteur de la belle Aurore boréale du 2 septembre 1859, une limite inférieure de 45 à 50 milles anglais et une limite supérieure de 450 à 500. M. Potter en Angleterre avait trouvé, en 1833, pour la hauteur de l'Aurore 63 milles, et Dalton, en 1826, l'avait estimée à 100. Lors de l'expédition française de 1838-1839, des observations faites simultanément à deux stations, Bossekop et Jupwig, avaient donné 60 à 100 milles pour la hauteur de l'Aurore. Toutefois, on a souvent observé la lumière polaire à des hauteurs beaucoup moindres; Farquharson, au moyen d'observations faites en deux points distincts d'un mille, avait trouvé une hauteur de 2481 pieds anglais, et le capitaine Parry vit dans une occasion la lumière polaire se produire entre l'endroit où il était et une montagne voisine distante d'environ 3000 yards. Les observations françaises faites à Bossekop ont également constaté l'existence d'une lumière polaire entre le lieu d'observation et une montagne voisine [1].

[1] M. A.-W. Malin, intendant du Musée de Gothenbourg, raconte,

Quoique M. Loomis et M. Bravais lui-même estiment que les observations qui donnent une hauteur si faible à la lumière polaire sont erronées et le résultat d'une illusion, je ne puis me ranger à cette opinion, et j'en donne comme preuve le phénomène que j'observai le 18 octobre 1868 à l'entrée de l'Archipel norwégien, dans lequel tout l'horizon était couvert de rayons qui ne tardèrent pas à se réunir autour du pôle magnétique et à y former une couronne régulière. Tous les phénomènes que j'ai observés et décrits relativement aux bords éclairés des nuages, montrent bien que dans ces cas la lumière polaire provenait de la région des nuages. Il est donc, selon moi, parfaitement conforme à la réalité que la lumière polaire atteint la région des nuages et descend même plus bas. D'ailleurs, on sait par de nombreuses observations que le nombre des orages accompagnés d'éclairs et de tonnerres diminue considérablement à mesure qu'on s'approche des régions polaires, tellement qu'à 70° de latitude il n'y en a plus. Peut-on admettre que dans ces régions les nuages soient complétement dépourvus d'électricité ? Nullement ; mais seulement les décharges électriques s'y font d'une autre manière. J'ai observé à plusieurs reprises des décharges accompagnées de lumière électrique provenant des nuages épars ou de couches de nuages, ce qui produisait de véritables rayons polaires, et, plus souvent encore, j'ai vu les bords des nuages briller d'une lumière jaunâtre. Au reste, dans ces

dans la description d'un voyage qu'il fit en 1842 dans les Laponies de Suède et de Norwége, que lors d'une excursion de Maunu à Lyngen, se trouvant de nuit le 16 mars à une élévation de 3000 pieds par 40 degrés au-dessous de zéro, il observa la lumière polaire entre lui et les montagnes environnantes, et entendit un bruit de crépitation qui l'accompagnait.

hautes latitudes, ce n'est pas par les nuages seuls que l'électricité se décharge, c'est aussi directement par l'air humide, comme cela a aussi lieu pendant l'hiver dans la zone tempérée. On possède un grand nombre d'observations directes constatant l'existence de décharges lentes de cette nature, et on en a une preuve remarquable dans une observation de M. Angström qui, dans une occasion, a constaté la présence de la raie jaune de la lumière polaire dans la presque totalité du ciel.

S'il est bien établi que le phénomène de la lumière polaire a sa cause dans l'électricité de l'air, il s'en suit que son apparition dépend moins du magnétisme terrestre qu'on ne l'a admis jusqu'ici. Celui-ci peut exercer une action directrice sur la décharge électrique déjà formée, mais il ne peut contribuer à sa formation, qui ne doit dépendre que des conditions dans lesquelles se trouvent les différentes couches d'air. Quoique le magnétisme terrestre ait une influence sur la position de l'arc lumineux de la lumière polaire, il est difficile d'admettre comme Hansteen et Bravais, que la position de cet arc soit déterminée uniquement par le pôle magnétique.

Ainsi, le sommet de l'arc polaire est rarement dans la direction exacte de l'aiguille de déclinaison. Sur 226 observations faites sur la position de l'azimuth de l'arc lumineux polaire, on en trouve 36 pour 100 qui donnent pour cette position 30° plus à l'ouest, 32 qui lui assignent 10° à 20°, 7, 0° à 10° et 4, 0° à 26 à l'Est; d'où il résulte que la position de l'arc varie sur un espace de 25 à 30° et plus. Ces variations sont trop grandes pour pouvoir être expliquées par des perturbations accidentelles dans le magnétisme terrestre, d'autant plus que les plus grandes déviations dans la déclinaison magnétique, de 6° à

7° environ, observées parfois dans les régions polaires, sont précisément dues à l'influence de la lumière polaire elle-même.

On peut donc regarder comme assez certain que le magnétisme terrestre ne joue qu'un rôle relativement secondaire dans le phénomène de la lumière polaire, que ce rôle consiste essentiellement dans une action directrice sur les rayons mêmes de cette lumière et dans un mouvement de rotation exercé sur ces rayons; circonstances démontrées positivement par les expériences de M. de la Rive.

On a généralement voulu voir un effet de perspective dans la formation de la *couronne boréale,* qui a lieu lorsque la lumière polaire est très-intense et que ses rayons se réunissent autour du zénith magnétique. Si une certaine quantité de rayons polaires, parallèles à la direction de l'aiguille d'inclinaison, sont projetés à une hauteur considérable, ils doivent tous paraître se réunir autour du zénith magnétique; mais l'aspect qu'ils présenteraient serait plutôt celui d'une pointe étirée ou un enfoncement en entonnoir, suivant que l'observateur serait placé à côté ou au milieu du phénomène. Dans les régions polaires, il arrive assez souvent qu'on voit les rayons polaires partir de tous les points de l'horizon, ce qui fait que l'observateur se trouve dans l'intérieur même de l'anneau. Si donc la couronne était un phénomène de perspective, les rayons devraient paraître se réunir sous un angle quelque peu aigu; or, ce n'est nullement le cas, car on les voit y former une voûte présentant une grande ressemblance avec la coupole d'une église. Quoique je n'aie pas une expérience suffisante pour me prononcer d'une manière positive, je suis cependant très-disposé à croire

que, sous l'influence du magnétisme terrestre, et peut-être aussi par l'effet du pouvoir conducteur du milieu, les rayons de lumière subissent une flexion dont le résultat est de les réunir réellement dans les parties supérieures de l'atmosphère. En preuve, je peux citer la lumière polaire que j'observai le 18 octobre, sous le 70me degré de latitude. Les rayons, partant de tous les points de l'horizon, formaient un anneau immense et se réunissaient autour du zénith magnétique, où la couronne se formait d'une manière parfaitement régulière, présentant l'apparence d'une coupole surbaissée. Du reste, comme je l'ai déjà remarqué en citant cette observation, la lumière partait de la région des nuages, et elle ne pouvait donc pas être à une hauteur aussi grande, ce qui rend impossible d'admettre que la couronne fût un effet de perspective. D'ailleurs les expériences de M. de la Rive, qui ont démontré l'influence du magnétisme sur de la lumière électrique dans des circonstances presque identiques à celles que présente la lumière polaire, ne fournissent nullement la preuve que les rayons de cette lumière se réunissent réellement sous cette influence.

La lumière polaire, considérée comme décharge électrique, donne les résultats suivants [1] :

1° Un courant électrique provenant de la décharge elle-même, laquelle a lieu lentement.

2° Des rayons de lumière consistant en un nombre infini d'étincelles, chaque étincelle donnant naissance à deux

[1] L'auteur fait précéder cette partie de son travail de la description d'une expérience dans laquelle il a essayé, mais inutilement, l'action d'un aimant sur une série de décharges produites par la machine de Holtz dans des conditions particulières. Nous omettons cette description, qui serait peu intelligible sans le secours d'une figure qu'on ne nous a pas transmise, et qui a moins d'importance une fois que les résultats de l'expérience ont été négatifs. (*Réd.*)

courants d'induction, allant en sens contraire l'un de l'autre.

3° Un courant galvanique allant en sens contraire à celui de la décharge, et ayant son origine dans la force électromotrice découverte par M. Edlund dans l'étincelle électrique.

Pour se développer, ces courants ont besoin d'un circuit fermé ; il est vrai que, dans le phénomène de la lumière polaire, il n'en existe pas, à proprement parler, mais ce n'est pas nécessaire, vu que, dans ce cas, la terre d'une part, et l'air raréfié des régions supérieures d'autre part, sont des immenses réservoirs d'électricité qui produisent le même effet que si le circuit était fermé.

D'après la théorie de M. de la Rive, l'électricité positive de l'air, se déchargeant sur la terre, produit un courant que j'appellerai courant *principal;* ce courant est renforcé par l'un des courants d'induction qui, comme l'a montré M. Edlund, accompagnent la production de l'étincelle électrique, savoir celui qui, allant dans le même sens que la décharge, peut seul acquérir un certain degré d'intensité. Mais ce courant principal, ainsi renforcé, est contre-balancé en partie par celui qui, a une direction contraire, et auquel donne naissance la force électromotrice de l'étincelle. On voit, par les observations faites avec les fils télégraphiques pendant l'apparition de la lumière polaire, que c'est tantôt l'un, tantôt l'autre de ces deux courants qui l'emporte, le premier étant en général prédominant, vu qu'on a observé que le courant donné par les fils télégraphiques est plus souvent dirigé du nord au sud que du sud au nord.

La lumière polaire, dans les conditions où elle est produite, renferme en elle-même toutes les conditions néces-

saires pour que le magnétisme puisse agir sur elle, car un rayon de cette lumière constitue un courant flexible dans toutes ses parties, et doit par conséquent obéir à la loi découverte par Plucker, d'après laquelle un semblable courant prend nécessairement la forme d'une courbe magnétique. C'est là qu'on doit chercher la cause de la formation de la couronne, en tenant compte en même temps des variations de conductibilité de l'air raréfié dans les régions supérieures de l'atmosphère.

Quand un arc de lumière polaire se montre, on le considère comme faisant partie d'un anneau rayonnant, dont le centre coïncide à peu près avec le pôle magnétique. Les rayons de cet anneau sont parallèles à la direction de l'aiguille d'inclinaison, et devraient par conséquent diverger de tous les côtés; circonstance défavorable à leur réunion en perspective au zénith magnétique. Mais il n'est point prouvé que le rayonnement ait toujours pour centre le pôle magnétique; il peut très-bien avoir un autre point central, comme cela a eu lieu dans mon observation du 18 octobre. Dans ce cas, en effet, il aurait été impossible que l'anneau fût visible dans sa totalité s'il avait eu pour centre le pôle magnétique. D'ailleurs, cette variation de position est plus conforme à la manière dont s'opèrent les décharges électriques et avec les particularités observées dans les apparitions locales de la lumière polaire [1].

[1] L'auteur remarque ici que l'apparition de la lumière polaire est toujours accompagnée de la présence d'un segment obscur à travers lequel on aperçoit clairement les étoiles. Il rappelle à cette occasion les expériences de M. de la Rive qui, en transmettant la décharge d'une bobine de Ruhmkorff à travers de l'air très-raréfié, a constaté l'existence d'une bande obscure très-remarquable près de l'électrode négative. L'auteur cite une expérience qu'il a faite en présence de

Revenant aux lueurs observées autour des cimes élevées du Spetsberg, je dois remarquer que ce n'est pas la première fois qu'elles ont été signalées. Le savant philologue finlandais Cashen en a observé dans ses voyages en Sibérie, et en a donné la description de manière à rendre frappante la ressemblance avec celles que j'ai observées moi-même. La même observation a été faite dans l'Amérique du Sud, au-dessus des cimes des Cordillières, et dans plusieurs autres localités citées par M. Delleman. Les *Archives des Sciences physiques et naturelles* (tome XXXI, p. 15) contiennent un travail de M. H. de Saussure, où sont décrits un grand nombre de phénomènes appartenant sans nul doute à la même catégorie. Mais c'est surtout dans les régions arctiques que l'on peut trouver les circonstances les plus favorables pour ce genre d'observations, et il serait à désirer que les expéditions futures s'en occupassent.

Si l'on recherche la cause pour laquelle les nuages des latitudes supérieures se déchargent sous la forme de lumière polaire, et non sous celle de tonnerre et d'éclairs, elle est facile à trouver : c'est l'*humidité permanente de l'air*. Les observations hygrométriques faites pendant l'expédition de la *Sophie* montrent que l'air est constamment saturé de vapeurs aqueuses qui se condensent le plus souvent en nuages, plus rarement en pluie. Il est clair que cette couche d'humidité, bonne conductrice de l'élec-

M. Edlund, dans laquelle, en employant une machine à électrophore, il obtint dans un tube, où l'air était très-raréfié, une lueur bleuâtre suivie d'une bande obscure fortement marquée autour de l'électrode négative, et une espèce de couronne de rayons autour de l'électrode positive. Dans le phénomène de la lumière polaire, la terre constitue l'électrode négative, l'air raréfié des hautes régions de l'atmosphère l'électrode positive, et le segment obscur présente une grande ressemblance avec la bande obscure de l'expérience précédente. (*Réd.*)

tricité, détermine une décharge lente. Si entre les pôles d'une machine électrique pas assez rapprochés pour qu'il y ait décharge, on projette, au moyen d'un pulvérisateur, de l'eau très-divisée, on voit la décharge s'opérer sous forme de raies brillantes. Il en est de même dans un cylindre de verre, dans lequel on raréfie l'air avec quelques coups de piston, raréfaction qui suffit pour y déterminer un brouillard humide; la décharge, qui s'y faisait d'abord sous forme d'étincelle, finit par se transformer peu à peu en un courant lumineux, présentant les couleurs ordinaires qu'on remarque dans la lumière polaire.

Plus le degré relatif d'humidité de l'air s'accroît, augmentation qui, à la surface de la terre, va de l'équateur aux pôles, plus la décharge électrique s'opère facilement sous la forme de lumière polaire; mais peut-être y a-t-il une limite au delà de laquelle la décharge a lieu même sans accompagnement de lumière, tant l'humidité est grande. C'est ce qui semble résulter du tableau dressé par M. Loomis de l'extension géographique de la lumière polaire; tableau d'après lequel il existerait une zone comprise entre le 68me et le 76me degré de latitude en Europe et entre le 50me et le 64me en Amérique, dans laquelle se produirait le plus grand nombre de phénomènes de lumière polaire. Cette particularité très-intéressante a été constatée par les observations faites pendant notre expédition, car au Spetsberg, c'est toujours au Sud qu'apparaissait la lumière polaire, tandis qu'à une latitude inférieure, au 69me degré, elle se montrait ou au zénith ou au Nord.

Je reviendrai sur la question de l'analyse spectrale; je signalerai seulement pour le moment la mobilité si pro-

noncée de la lumière de la raie jaune, ce qui semble indiquer une source lumineuse discontinue, laquelle est formée évidemment par un nombre infini d'étincelles se succédant très-rapidement.

Quant au bruit de crépitation, soit bruissement, qui accompagnerait l'apparition de la lumière polaire, je ne puis me prononcer d'une manière positive à cet égard, vu que, dans les occasions où j'ai pu l'observer, le bruit combiné de la mer et du vent était de nature à étouffer le bruit de la faible crépitation d'une décharge électrique. Ce qu'il y a de probable, c'est qu'un bruit peut fort bien être entendu dans de certaines circonstances, dans le cas, par exemple, où la décharge a lieu à une hauteur minime, et aussi quand elle se fait entre de petites aiguilles de glace qui doivent provoquer de plus longues et par conséquent de plus fortes étincelles que celles qui ont lieu entre de simples particules d'eau. Les circonstances particulières nécessaires pour la production de ce son étant probablement très-rares, on conçoit pourquoi il n'y a pas accord entre les observateurs sur le fait de son existence.

Quelques remarques à l'occasion du mémoire de M. Lemström, par M. le prof. A. de la Rive.

Je trouve dans les observations faites par M. Lemström dans les régions polaires une confirmation si complète des idées que j'ai émises en plusieurs occasions sur la cause et l'explication des aurores polaires, que je ne puis m'empêcher de rappeler très-sommairement quelques-uns des points sur lesquels l'observation et la théorie sont complétement d'accord. En général je me suis toujours trouvé d'accord avec les observateurs, soit qu'il s'agisse de Parry, de Franklin, de Ross, soit qu'il s'agisse

de Bravais et de Martins; c'est plutôt entre les théoriciens et moi qu'il y a eu quelquefois divergence. Je dois remercier M. Lemström du soin qu'il a eu, à chaque occasion, de rappeler mes expériences et les conséquences que j'en avais déduites et dont il a montré l'exactitude.

M. Lemström établit par un grand nombre de faits appuyés de raisonnements incontestables, que la lumière polaire est due à l'électricité atmosphérique dont il a constaté la présence dans les régions polaires, souvent dans la région des nuages, et quelquefois même plus près de terre. Il montre, comme je l'avais fait, que cette lumière est la conséquence des décharges électriques qui, dans ces régions chargées constamment d'humidité, s'opèrent d'une manière lente et continue, au lieu de s'opérer par secousses et d'une manière instantanée en produisant les éclairs, comme cela a lieu dans les régions équatoriales et de latitudes moyennes.

Il montre avec raison que le magnétisme terrestre auquel on avait attribué une importance exagérée dans la production de la lumière polaire, ne joue dans ce phénomène qu'un rôle très-secondaire. Ce rôle consiste simplement à imprimer aux jets électriques lumineux une certaine direction à laquelle ils peuvent obéir à cause de leur flexibilité qui tient à ce que le conducteur qui les propage est gazeux. Il s'appuie à cet égard sur les expériences par lesquelles j'ai démontré cette influence et sur la loi à laquelle Plucker a trouvé qu'elle était soumise.

Un point très-essentiel sur lequel M. Lemström insiste et qui avait été déjà signalé par plusieurs observateurs et surtout par Bravais, c'est que la couronne formée dans quelques cas par les rayons de la lumière polaire, est bien loin d'avoir toujours pour centre le zénith magnéti-

que, c'est-à-dire la verticale passant par le pôle magnétique de la terre. En effet, quoique la formation de cette couronne tienne bien à l'influence directrice du magnétisme sur les courants électriques qui forment les jets lumineux, et ne soit pas, comme le prouve très-bien M. Lemström, un simple effet de perspective, elle doit dépendre aussi de la direction du trajet que suivent dans l'atmosphère les décharges électriques, direction qui change elle-même avec la conductibilité plus ou moins variable des différentes couches atmosphériques, en sorte que l'influence réunie de ces deux causes doit imprimer aux rayons une courbure et une position qui ne peuvent être toujours les mêmes.

En un mot, les décharges électriques qui s'opèrent aux régions polaires entre l'électricité positive de l'atmosphère et la négative du globe terrestre ; voilà la cause essentielle et unique de la formation de la lumière polaire ; lumière dont l'existence est indépendante de celle du magnétisme terrestre, celui-ci ne contribuant qu'à donner à cette lumière une certaine direction, et dans quelques cas, à lui imprimer un mouvement. C'est ce que j'ai toujours soutenu contre ceux qui croyaient voir dans le magnétisme terrestre, ou plutôt dans les courants d'induction qu'il est susceptible de développer, l'origine de la lumière polaire.

Je n'insisterai pas sur divers détails tels que la présence du segment obscur à la base des arcs lumineux de l'Aurore boréale dans lesquels M. Lemström voit, comme moi, un effet analogue à la bande obscure qui se produit à l'électrode négative dans les décharges électriques à travers l'air raréfié ; tels encore que l'influence des particules de glace suspendues dans l'atmosphère que j'avais

signalée aussi. Je me bornerai à insister sur un point qui m'avait, je le reconnais, complétement échappé, et qui a une véritable importance. Quoique, dans ma théorie, les courants terrestres qui résultent des décharges électriques, cause de la lumière polaire, doivent être dirigés du Nord au Sud, on en remarque quelquefois, soit dans les fils télégraphiques, soit dans leur action sur les aiguilles de boussole, qui marchent en sens contraire, c'est-à-dire du Sud au Nord ; les premiers sont, il est vrai, de beaucoup les plus nombreux et les plus intenses ; mais les seconds se montrent aussi de temps à autre. M. Lemström les attribue aux courants d'induction et à la force électromotrice, qui accompagnent toujours la production d'une étincelle électrique, ainsi que l'a découvert M. Edlund. Il considère en effet, avec raison, les décharges électriques qui constituent la lumière polaire comme une série d'un nombre infini d'étincelles, et dès lors il trouve dans ce fait une explication satisfaisante de l'apparition des courants de sens contraire au sens du courant principal qui va du Nord au Sud.

La lecture du travail de M. Lemström, tout en me confirmant dans les idées théoriques que j'ai émises sur les Aurores polaires, m'a montré qu'il y avait encore bien des points à éclaircir dans ce sujet intéressant, en particulier en ce qui concerne la propagation de l'électricité dans l'air plus ou moins humide et amené à de très-basses températures, et l'influence d'un très-fort magnétisme sur les décharges électriques opérées dans ces conditions. C'est cette étude que je me propose de faire incessamment.

ÉDOUARD CLAPARÈDE.

L'Académie de Genève, et l'on peut dire le monde scientifique, viennent de faire une perte considérable: Édouard Claparède est mort le 31 mai à Sienne, en revenant de Naples, où il avait espéré trouver un soulagement à sa longue maladie.

Jeune encore, Claparède était déjà un des maîtres incontestés de la science. Son habileté dans l'observation délicate des animaux inférieurs, ainsi que dans le maniement du scalpel et du microscope, jointe à un grand talent de dessin et un parfait jugement dans l'interprétation des faits, avaient donné à ses travaux une autorité rare. Ses élèves se souviendront avec un profond regret de son enseignement, si clair et si élevé, dans lequel l'abus des détails ne venait jamais obscurcir ou dominer les questions générales. Les lecteurs de la *Bibliothèque universelle* n'oublieront pas non plus ses analyses savantes, qui ont donné une véritable importance au *Bulletin scientifique des Archives.* Tous ceux qui ont eu le bonheur de l'entendre dans les séances de la Société de Physique et d'Histoire naturelle, ou dans des conversations particulières, rendaient hommage à l'étendue de ses connaissances, aussi bien qu'aux formes aimables qu'il savait donner à la discussion. Aucun sujet, pour ainsi dire, ne paraissait dépasser sa capacité, et, dans les diverses branches des sciences naturelles en apparence étrangères à ses travaux, il paraissait souvent aussi supérieur que dans celles qui l'avaient plus spécialement occupé.

Sous le poids de cette grande affliction, nous ne pouvons que constater l'étendue de la perte que nous faisons, et nous nous bornons à retracer rapidement les traits principaux de sa vie.

Jean-Louis-René-Antoine-Édouard Claparède est né à Genève, le 24 avril 1832. Son père, ministre du saint Évangile, fut nommé pasteur de la paroisse de Chancy, et c'est dans ce village que se passèrent les années d'enfance d'Édouard. Il suivit à Genève l'enseignement du Collége classique et du Gymnase jusqu'à l'année 1850, et, pendant les deux années suivantes, les cours de l'Académie. Il en sortit en 1852, avec le diplôme de bachelier ès lettres et ès sciences (maître ès arts), et entra comme étudiant dans l'Université de Berlin. C'est dans cette université que Claparède fit ses principales études, et qu'il se développa rapidement sous l'influence de professeurs distingués, et en particulier sous celle d'Ehrenberg et de J. Müller. Ce dernier le reçut dans son laboratoire, et ne tarda pas à s'affectionner à un élève dont il sut apprécier les rares qualités. Malheureusement, on peut croire qu'à la même époque, un travail trop ardent détermina chez lui les premiers germes d'une grave maladie organique du cœur, contre laquelle il a lutté jusqu'à la fin de sa vie. On peut même dire qu'il n'a prolongé son existence, dans ces dernières années, que grâce à une énergie exceptionnelle et à une force morale inouïe.

En 1857, il obtint le grade de docteur, et publia une thèse sur l'anatomie du Cyclostome élégant. Il ne tarda pas à faire suivre ce premier travail d'œuvres plus importantes, dont nous ne pouvons pas donner ici l'énumération. Bornons-nous à citer ses travaux avec Lachmann

sur les Infusoires et les Rhizopodes (1858 et suivantes), ses études sur l'évolution des Araignées (1862), sur les Annélides de Port-Vendre (1864) et du golfe de Naples (1868 et suivantes), sur les Lombrics (1869), etc. La seconde partie de l'anatomie des Annélides de Naples est sous presse aujourd'hui, et représente les derniers travaux qu'il a pu faire.

Sa maladie s'aggravant toujours, ses amis espérèrent qu'un nouveau séjour dans le climat de Naples pourrait en arrêter la marche et lui rendre quelques années de santé ; mais il n'en a pas été ainsi. Il a passé tout l'hiver dans des souffrances cruelles, et, après une courte amélioration, il a cru pouvoir revenir à Genève; mais il n'a pas pu dépasser Sienne, où une crise fatale a terminé cette vie trop courte et si utilement remplie. Claparède n'avait que 39 ans.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

CHIMIE.

JULIUS THOMSEN. SUR LA CHALEUR DE NEUTRALISATION DES BASES INORGANIQUES ET ORGANIQUES SOLUBLES DANS L'EAU. (*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, 1871, p. 308.)

Poursuivant avec persévérance, et avec l'exactitude qui donne un si grand prix à ses travaux, ses recherches sur les chaleurs dégagées par la combinaison des acides et des bases, M. Thomsen résume, dans ce nouveau mémoire, les résultats qu'il a obtenus par la neutralisation des diverses bases par l'acide sulfurique.

Ses recherches ont porté d'abord sur le groupe des alcalis. Chaque équivalent ou double molécule d'hydrate alcalin, R^2O, H^2O ou 2 ROH, était neutralisé par un équivalent ou molécule d'acide sulfurique SO^4H^2, l'un et l'autre étant en dissolution dans 400 molécules d'eau.

Les chaleurs dégagées ont été les suivantes :

Lithium.	31290	calories.
Sodium.	31040	»
Potassium . . .	31050	»
Thallium. . . .	31140	»

L'accord de ces résultats est surtout digne de remarque, si l'on observe que les poids atomiques de ces métaux varient de 7 pour le lithium à 204 pour le thallium.

Ainsi tous ces hydrates dégagent à peu près la même quantité de chaleur en se combinant avec l'acide sulfurique. Le nombre moyen serait de 31130; la plus grande différence s'observe pour le lithium, elle ne dépasse pas 5 pour mille.

Pour le groupe des terres alcalines, comprenant la baryte, la strontiane, la chaux et la magnésie, la chaleur de neutralisation a pu encore être déterminée directement pour les trois premières, seulement il a fallu employer des dissolutions plus étendues pour la chaux et la strontiane, à cause de leur faible solubilité. La chaleur de neutralisation de la magnésie a dû être déterminée indirectement en précipitant le sulfate de magnésie, soit par la potasse, soit par la baryte. Il a fallu d'ailleurs tenir compte de la chaleur dégagée par la précipitation, à l'état insoluble, des sulfates de baryte et de strontiane.

En tenant compte de tous ces éléments, l'auteur a obtenu :

Pour la baryte. . . .	31290	calories
« strontiane. .	31100	»
« chaux. . . .	31040	»
« magnésie . .	31130	»

Ce dernier nombre exigerait une correction en raison de l'insolubilité de la magnésie, mais elle serait très-faible.

On voit par là que les terres alcalines, y compris la magnésie qui n'est pas toujours rangée dans ce groupe, se comportent exactement comme les alcalis, la chaleur moyenne de neutralisation pour ce groupe étant 31140 calories.

Les autres bases inorganiques dégagent moins de chaleur lors de leur neutralisation par l'acide sulfurique. L'auteur signale, en particulier, la très-grande différence qui se présente pour les oxydes de plomb et d'argent qui, sous d'autres rapports, offrent de si grandes analogies avec la chaux et la soude. La chaleur de neutralisation de ces bases par l'acide sulfurique est de 18750° pour l'oxyde de plomb et de 14040° pour l'oxyde d'argent. Au reste, le groupement des bases ne demeure pas le même pour tous les acides, ainsi l'oxyde de thallium, dans sa neutralisation par l'acide chlorhydrique et l'acide sulfhydrique se sépare complétement des alcalis et se rapproche tout à fait de l'argent.

On considère souvent une dissolution aqueuse de gaz ammoniac comme l'équivalent des dissolutions des alcalis fixes, en admettant qu'elle renferme de l'oxyde d'ammonium. M. Thomsen montre que cette assimilation n'est point justifiée. La chaleur de neutralisation d'une dissolution d'ammoniaque par l'acide sulfurique est seulement de 28150^c, inférieure de 11 pour 100 à celle des alcalis fixes. Il remarque d'ailleurs que l'étude des chaleurs spécifiques et des volumes moléculaires de la dissolution d'ammoniaque établit également qu'elle possède une constitution toute différente de celle des alcalis fixes.

La préparation des bases organiques solubles en quantité un peu considérable, présente des difficultés telles, que M. Thomsen a dû restreindre ses recherches sur ce sujet, à trois corps bien caractérisés de ce groupe.

L'hydrate d'oxyde de tétraméthylammonium, que l'analogie de ses propriétés avec celles des alcalis range si naturellement dans ce groupe, lui appartient aussi par sa chaleur de neutralisation par l'acide sulfurique ; elle a été trouvée en effet de 31010^c, ne différant pas de plus d'un millième de celles de la potasse et de la soude.

L'éthylamine se place au contraire, comme on pouvait s'y attendre, à côté de l'ammoniaque : sa chaleur de neutralisation, par l'acide sulfurique, est de 28350 calories.

La triéthylstibine, comme base divalente, présentait un intérêt particulier. Ses sels neutres, tels que le sulfate Ae^3 Sb O, SO^3, peuvent être rapprochés des sels des terres alcalines. L'étude de sa chaleur de neutralisation par l'acide sulfurique a donné un résultat inattendu ; elle est si faible qu'elle atteint à peine un dixième de celle des autres bases, et se rapproche plutôt de celle qui se produit par le mélange de deux sels susceptibles de former un sel double M. Thomsen s'est assuré d'ailleurs que ce fait n'est point particulier à la combinaison de cette base avec l'acide sulfurique. Sa neutralisation par l'acide iodhydrique donne lieu à un

dégagement de chaleur encore plus faible, bien qu'une partie de l'iodhydrate formé se sépare en cristaux. La triéthylstibine doit être par conséquent considérée comme un corps à part, qui n'appartient nullement au groupe des véritables bases organiques.

Ces premiers résultats montrent combien il y aura d'intérêt à poursuivre ces recherches, et combien elles pourront contribuer à nous éclairer sur la constitution des bases organiques.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

L.-F. DE POURTALÈS. LE FOND DE LA MER DANS LE GULF-STREAM ET L'ATLANTIQUE, LE LONG DES CÔTES DE L'AMÉRIQUE DU NORD. (*Mittheilungen* du Dr Petermann, vol. 16me, octobre 1870.)

Dans le numéro de mai des *Archives*, M. le prof. Claparède, que la mort a si promptement enlevé à la Science, a résumé de la manière la plus intéressante le résultat des dernières recherches qui ont été entreprises pour scruter le fond des mers à différentes latitudes. Comme appendice à cet important article, nous donnons ici la traduction abrégée du dernier mémoire de M. de Pourtalès, inséré dans les « Mittheilungen » du Dr Petermann.

« Déjà en 1844, M. le professeur A.-D. Bache, nommé surintendant du « Coast Survey, » donna l'ordre de recueillir des échantillons des produits que ramenait la sonde, pendant le cours des opérations hydrographiques. Il a commencé ainsi une collection systématique des divers dépôts formant le fond de l'Atlantique, recueillis à une profondeur qui, en général, ne dépassait pas 100 brasses, sauf dans le lit du Gulf-Stream où la sonde a été descendue à des profondeurs beaucoup plus considérables. Cette collection s'est continuée depuis. Pendant les quatre dernières années, le surintendant actuel du « Coast Survey, » encouragé par M. Agassiz, a donné l'ordre d'employer la drague, bien plus avantageuse que la sonde

pour ce genre de recherches, et il m'a confié la direction de ce service.

Chacun des échantillons du fond est conservé dans un flacon, portant outre la date, l'indication exacte de la longitude, de la latitude et de la profondeur du point d'où il a été ramené. La collection se compose déjà de près de 9000 flacons. L'étude microscopique de cette quantité d'échantillons a été entreprise par M. le prof. J.-W. Bayley. Après sa mort elle m'a été confiée, mais comme je ne puis consacrer beaucoup de temps à cette étude, elle est encore loin d'être terminée. Les résultats obtenus ont cependant déjà une certaine importance et méritent d'être signalés.

Le long des côtes, depuis le cap Cod jusqu'à Cuba, les dépôts qui constituent le fond sont de diverse nature.

On distingue tout d'abord les fonds siliceux et les fonds calcaires. Les premiers se remarquent le long de la côte jusqu'au cap Florida : les seconds dans les profondeurs plus considérables et vers l'extrémité sud de la Floride, puis aussi dans les abîmes autour de Cuba et des îles Bahama. Les limites des fonds siliceux coïncident assez exactement avec celles du courant froid venant du nord ; celles des fonds calcaires avec les limites des eaux chaudes du Gulf-Stream et à peu près avec une courbe passant par 100 brasses de profondeur. Il est probable toutefois que les conditions d'existence des animaux qui produisent le calcaire, sont bien plutôt influencées par la profondeur que par la température des eaux, puisque la température du fond est indépendante de celle de la surface.

Les fonds *argileux* occupent un espace plus restreint : on les observe à l'est de Long-Island et de Block-Island, puis au sud des îles de Marthas-Vineyard et de Nantucket. Ils proviennent probablement des bancs tertiaires primitivement très-étendus, dont les falaises bigarrées de Gay-Head sur Marthas-Vineyard et quelques gisements restreints dans le Massachusset sont les témoins les plus rapprochés. Ces fonds

argileux sont connus des marins sous le nom de « Block-Island Soundings » et ils leur servent à reconnaître l'approche de la côte dans les temps brumeux. On rencontre encore des fonds analogues à la hauteur de New-York où on les connaît sous le nom de Mud-holes; ce sont des dépressions du fond remplies de limon, dans lesquelles M. Dana veut voir les traces du lit de l'Hudson à une époque géologique antérieure, alors que cette partie de l'Océan se trouvait émergée. Ces Mud-holes sont très-importants pour les marins.

Sables siliceux. Pour donner un aperçu des caractères qu'affectent les dépôts de cette nature, je prends pour exemple les côtes des environs de New-York vers Long-Island et New-Jersey, qui ont été particulièrement étudiées. Là le fond de la mer s'abaisse très-graduellement jusqu'à 100 brasses environ : à partir de cette profondeur, la pente devient tout à coup beaucoup plus raide. Il en est de même paraît-il le long de la plupart des côtes; c'est donc avec raison que la ligne qui passe par 100 brasses de profondeur est indiquée sur les cartes les plus modernes : c'est celle qui doit former le véritable contour des continents.

Le sable des côtes d'Amérique se compose principalement de quartz jaunâtre (d'un blanc pur dans le golfe de Mexico) mélangé d'une quantité plus ou moins considérable de grains noirs d'amphibole et d'un peu de feldspath. Parmi les grains les plus gros on distingue, quoique assez rarement, des fragments de roches anciennes qui ne se rencontrent pas sur les côtes; ils ont été amenés par les fleuves. Non loin de l'entrée de la baie de New-York, le sable se trouve mélangé d'une forte proportion de grains noirs; ce sont des grains de glauconie, des moules intérieurs de foraminifères fossiles provenant du grès vert de New-Jersey et charriés par les vagues.

L'étude des corps organisés, ramenés par la sonde avec les sables siliceux, a surtout porté sur les foraminifères; leur distribution permet de distinguer différentes zones plus ou moins tranchées. La première, le long de la côte, se distingue

par sa pauvreté; sauf quelques petites Polystomèles, il est peu d'espèces de Foraminifères qui puissent vivre dans les sables remués constamment par l'action des vagues. Cette zone descend jusqu'à 10 à 12 brasses de profondeur. Les Miliolines apparaissent ensuite; elles se trouvent jusqu'à 40 brasses, mais ne sont très-abondantes nulle part; au delà, elles n'apparaissent plus qu'isolément. La zone suivante, depuis 25 jusqu'à 70 brasses, est caractérisée par le *Truncatulina advena*, d'Orb., qui se montre souvent assez abondant. A partir de 35 brasses apparaissent déjà les grosses espèces de Marginulines et de Cristellaires, qui descendent ensuite jusqu'à 100 brasses. Les Globigérines commencent à se montrer à 60 brasses; à 100 brasses leur nombre égale déjà celui des grains de sable; enfin, dans les profondeurs plus considérables, ce sont elles exclusivement qui composent le fond. Dans les dépôts argileux et limoneux, on ne rencontre guère que des Guttulines, même elles y sont rares.

Le fond de la mer présente des caractères analogues sur toute la côte jusqu'au cap Florida. Cette vaste plaine de sable est à peine interrompue par quelques bancs de rochers calcaires qui appartiennent probablement à la formation tertiaire. Les fonds sableux ne dépassent pas le cap Florida au sud de l'île Key-Biscayn; l'île qui en est la plus rapprochée, à 5 milles plus au sud, appartient déjà à la formation coralligène, de même que toute la chaîne des « Florida-Keys, » sauf les « Pine-Keys » qui sont encore formées de sables siliceux. Près du cap Sable, le sable siliceux reparaît de nouveau et s'étend vers le nord, le long des côtes occidentales de la Floride. Avec le changement de fond, coïncide un changement de faune. Beaucoup d'espèces appartenant à la faune dite carolinienne disparaissent vers le cap Florida et reparaissent vers le cap Sable et sur la côte occidentale. Entre ces deux points elles sont entièrement expulsées par la faune coralligène des Antilles. Ainsi, par exemple, les huîtres ne se rencontrent point sur les fonds coralliens; elles sont en revanche abondantes à l'est et à l'ouest, sur les fonds sableux.

Fonds calcaires. 1° Calcaires coralliens.

Le cap Florida est le point le plus septentrional où cette formation se rencontre sur les côtes des États-Unis. Le récif de coraux de la Floride a été étudié à fond par M. Agassiz, mais ce travail n'a malheureusement pas encore été complétement publié. La nature du fond, au dela du récif et dans les grandes profondeurs, était peu ou même pas connue. Les premiers essais de draguages dans le fond du Gulf-Stream ont été tentés en 1867, et poursuivis activement depuis. J'ai été chargé de la direction des recherches de concert avec M. Mitchel, et le steamer « Bibb » a été mis à notre disposition bien pourvu des appareils nécessaires.

Esquissons à grands traits les résultats qui ont été obtenus.

Le récif de corail proprement dit a des limites assez tranchées du côté de la Floride, car les coraux qui le forment ne peuvent vivre que près de la surface. En dehors du récif, la déclivité du fond n'est pas très-rapide et n'est pas à comparer avec les abîmes d'où s'élèvent les îlots de coraux de l'Océan Pacifique ou même des Bahamas. Jusqu'à une profondeur de 90 à 100 brasses, la surface du fond est couverte principalement de coquilles mortes, de fragments de coraux et d'autres objets analogues, plus ou moins brisés et roulés [1]. Les animaux et les végétaux sont rares sur les fonds de cette nature; il ne s'y trouve que quelques petites espèces de coraux vivants *(Balanophyllia, Oculina)*.

A cette première région succède un plateau rocheux (plateau Pourtalès) dont l'inclinaison est faible: il commence un peu à l'ouest de « Sand-Key, » s'étend à l'est et au nord, atteint sa plus grande largeur (18 milles environ) un peu à l'est de « Sombrero-Key » et disparaît près du récif non loin du cap Florida. Sur le plateau, la profondeur varie entre

[1] Ceci fait comprendre pourquoi, dans certains dépôts coralliens de l'étage séquanien (Wimmis, La Mothe, dans la Haute-Marne, etc.), les fossiles se trouvent usés et roulés. On ne savait comment expliquer ce fait, car il n'était pas possible d'admettre que ces dépôts fussent littoraux.

90 et 250, même 300 brasses. Le rocher est un calcaire dur, d'un brun foncé, dans lequel on reconnaît les restes des coraux et des coquilles qui vivent à sa surface et qui proprement servent à le former. La faune qui habite ce plateau est beaucoup plus riche que celle de la première région. Toutes les classes des invertébrés marins s'y trouvent représentées: nous avons ramené des crustacés, des mollusques (entre autres deux espèces de brachiopodes et assez souvent la précieuse *Voluta Junonia*), des échinodermes, oursins, ophiures, etc., puis un grand nombre de petits polypiers très-élégants, puis des gorgones, enfin des éponges et des foraminifères. Quant aux végétaux, quelques nullipores et des diatomées se montrent encore, mais il n'y a plus d'algues proprement dites.

Vers les côtes de Cuba le fond est de même nature jusqu'à une profondeur de 300 à 400 brasses; mais là, l'inclinaison du plateau est beaucoup plus rapide. La faune qui l'habite est également très-riche: mais malgré la faible distance qui sépare Cuba de la Floride, elle diffère notablement, sous bien des rapports, de la faune dont il vient d'être question.

Sur les bancs de Bahama, qui n'ont été étudiés, à la vérité, que sur un petit nombre de points, nous avons trouvé un fond couvert d'un limon calcaire blanc et s'abaissant avec une pente très-rapide.

2° *Calcaire à Foraminifères.* Dans le canal de la Floride, à de grandes profondeurs (un peu moins bas là où le banc de rochers n'existe pas), le fond de la mer se trouve couvert d'une couche crayeuse, entièrement formée de coquilles de Foraminifères. Cette formation se rencontre à peu près partout dans le lit du Gulf-Stream, dans les profondeurs du golfe du Mexique, dans les canaux profonds qui séparent les îles Bahamas, et enfin à partir de 100 brasses, probablement dans la plus grande partie de l'Atlantique. Ce sont les lieutenants Crawen et Maffit qui, les premiers, en 1853, ont mentionné l'existence de cette formation crayeuse si remarquable.

Parmi les *Foraminifères*, les *Globigérines* sont particulière-

ment abondantes, d'où le nom de calcaires à Globigérines; vient ensuite la *Rotalina cultrata*, également abondante, puis diverses *Textularia*, *Marginulina*, etc. C'est un fait désormais acquis à la science que ces animaux vivent et meurent sur le fond où on les rencontre. Outre les Foraminifères, la sonde ramenait de ces grandes profondeurs les débris d'autres animaux, et j'avais une fois compté dans un échantillon du fond de deux pouces cubes, des fragments appartenant à 48 espèces dont 20 mollusques. Depuis que la drague a été employée nous avons ramené ces animaux vivants. Des petits polypiers libres, d'élégantes alcyonides, des ophiures, des vers, des mollusques, des crustacés, se trouvent fréquemment dans le filet; les petits poissons sont beaucoup plus rares. Nous avons trouvé assez souvent le remarquable petit crinoïde *Rhizocrinus Lofotensis*, découvert par Sars sur les côtes de Norwége, puis retrouvé par Carpenter et Thomson sur les côtes d'Angleterre, et, en 1869, par Smitt et Zjungman sur le banc « Josephina, » près des îles Açores. Ces quatre localités sont toutes dans le lit du Gulf-Stream. Les fonds de mer à Foraminifères peuvent être considérés comme une immense couche de craie en voie de formation, continuellement augmentée par les animaux qui vivent à sa surface. D'un autre côté les faunes, soit des régions littorales soit des grandes profondeurs, avec leurs nombreux polypiers et mollusques, fournissent les matériaux nécessaires à la formation de roches calcaires de différente nature, telles que oolithes, calcaires coquilliers et coralliens, conglomérats produits par la destruction de certaines roches plus anciennes, etc.

Je voudrais encore ajouter quelques mots sur une autre formation qui, déjà dans les périodes géologiques, a dû son origine aux Foraminifères et qui, de nos jours, se forme encore de la même manière sur le fond des mers. Je veux parler des *grès verts*.

Depuis longtemps déjà, Ehrenberg a montré que la glauconie ou grès vert se compose de petits grains qui ne sont

autre chose que le moule intérieur d'un Foraminifère. Après avoir étudié nos échantillons du fond, Bayley a découvert le premier qu'une glauconie toute semblable se produit encore maintenant. Nous avons pu suivre, dans toutes ses phases, la transformation qui s'opère. On trouve mélangés ensemble, dans nos échantillons de ce grès vert récent, des coquilles de Foraminifères tout à fait fraîches, d'autres qui sont encore intactes, mais dont les chambres se trouvent remplies d'une matière jaune qui pénètre comme par injection dans les canaux les plus délicats; d'autres encore qui sont décapées et dans lesquelles la matière jaune qui les remplissait est devenue verdâtre; d'autres exemplaires enfin dont la coquille est détruite et dont il ne reste plus que le moule intérieur. Ces moules sont parfois assez bien conservés pour qu'il soit possible de reconnaître, sur leur surface, les caractères de l'organisme; tantôt ils sont usés, roulés et rendus méconnaissables; souvent même ils se soudent les uns aux autres et finissent par former de petites concrétions de la grosseur d'une fève, dont on reconnaît fort bien l'origine lorsqu'on les polit.

Cette formation si curieuse a été rencontrée par nous à la hauteur de la Georgie et de la Caroline du Sud, à une profondeur de 50 à 100 brasses, sur les limites des sables siliceux et des calcaires à Foraminifères. Ce grès vert se retrouve encore dans le lit proprement dit du Gulf-Stream, à des profondeurs plus grandes, mais seulement sur des points isolés. Il n'a pas encore été possible d'expliquer pourquoi cette transformation s'opère ainsi sur une grande échelle, dans des régions strictement limitées. Les grès verts modernes se laissent facilement distinguer des grès verts fossiles de New-Jersey par le grand nombre de coquilles intactes ou encore incomplétement transformées qu'ils contiennent encore.

Dans nos explorations, nous avons fait descendre la drague jusqu'à 700 brasses. Nous avons rencontré partout des animaux vivants. Ils sont, il est vrai, en moins grande abon-

dance dans les grandes profondeurs, mais ce fait tient plus à la nature du fond dans les points où nous draguions qu'à la profondeur elle-même, car la richesse de la faune se modifiait très-brusquement là où les fonds rocheux touchaient aux fonds calcaires à Foraminifères.

La température baisse en raison directe de la profondeur, et arrive à un petit nombre de degrés au-dessus de zéro.

La lumière pénètre probablement très-loin dans une certaine mesure; l'eau est si limpide qu'une assiette blanche se voit encore à la profondeur de 27 brasses. Les crustacés, les annélides, les mollusques ont des yeux complétement développés, plutôt plus grands relativement que ceux de leurs congénères qui habitent les régions littorales.

Parmi les résultats les plus importants de nos recherches, nous plaçons en première ligne la constatation du fait que les polypiers et les Échinodermes des grandes profondeurs se rapprochent considérablement des types des faunes tertiaires et crétacées, et que les limites de leur extension géographique sont des plus étendues. »

Le mémoire de M. de Pourtalès est accompagné de cartes coloriées très-instructives, sur lesquelles les contours des différentes formations se trouvent indiqués aussi exactement que peut le permettre l'état actuel des recherches.

Indépendamment du point de vue zoologique, les résultats obtenus par les dernières expéditions dont il a été rendu compte, intéressent au plus haut degré le géologue et le paléontologiste. Nous avons appris, par les investigations récentes, quel a pu être le mode de formation de plusieurs des dépôts que nous retrouvons dans les périodes anciennes, et un jour nouveau est venu éclairer leurs relations mutuelles. Nous savons maintenant que dans le fond des mers, des formations de nature diverse, assez strictement limitées et habitées par des faunes distinctes, peuvent se rencontrer côte à côte, souvent dans un étroit espace, et nous connaissons le rôle si important que joue la profondeur des eaux dans leur

distribution. Il nous est facile de concevoir que, par suite des mouvements plus ou moins considérables de la croûte terrestre, la profondeur et les circonstances favorables à un dépôt d'une certaine nature et au développement d'une certaine faune peuvent se modifier graduellement, puis après un certain laps de temps, revenir à leur premier état; il en résulte que des formations superposées sur un point donné peuvent fort bien se trouver contemporaines et se rencontrer côte à côte dans une autre région. Bien des problèmes géologiques pourraient être expliqués de cette manière et par des considérations analogues. D'un autre côté, le paléontologiste trouve dans les êtres nouvellement découverts qui habitent les grandes profondeurs, des types qu'il ne rencontrait plus dans la nature vivante, et qui lui servent à rattacher des chaînons qu'il désespérait de pouvoir relier entre eux. Lui aussi trouvera l'explication de bien des problèmes qu'il ne pouvait résoudre, ayant trait à la distribution et à la succession des faunes, dans ces découvertes si curieuses qui ont permis de reconnaître, là où il y a peu d'années encore on croyait qu'il n'y avait aucun être vivant, des faunes variées qui se modifient suivant la nature du fond et suivant la profondeur, et dont les types, ainsi que M. Alex. Agassiz l'a fait remarquer, se rapprochent toujours davantage de types plus anciens à mesure que la profondeur à laquelle on les rencontre est plus considérable. Les efforts tentés jusqu'à présent, malgré leur importance, ne sont que peu de chose relativement à l'immensité du champ qui reste à étudier, et cependant que de faits déjà acquis, et que ne sommes-nous pas en droit d'attendre des recherches qui vont se poursuivre, espérons-le, avec une nouvelle activité et une nouvelle énergie.

P. de L.

SUR LES

NOUVELLES RECHERCHES DU Dr W. CARPENTER

RELATIVES

A LA TEMPÉRATURE ET A LA COMPOSITION DE L'EAU DE MER

DANS LES

GRANDES PROFONDEURS DE L'OCÉAN ET DE LA MÉDITERRANÉE

(Voyez *Proceedings de la Société Royale de Londres*, du 8 décembre 1870, et *Proceedings de l'Institution Royale*, tome VI, partie 3.)

Le dernier numéro de ce recueil contient un résumé de plusieurs travaux récents [1] relatifs aux sondages et aux draguages pratiqués à de grandes profondeurs dans diverses mers. Il y est rendu compte entre autres des explorations anglaises de 1869, entreprises par l'amirauté sur la demande de la Société royale de Londres, et dont la direction générale scientifique fut confiée au Dr W. Carpenter, accompagné d'autres savants distingués. Ces explorations avaient pour objet la portion de l'océan Atlantique qui baigne les côtes d'Irlande, celles d'Écosse et les îles Hébrides, ainsi qu'une étude approfondie du détroit profond situé entre le nord de l'Écosse et les îles Feroë. Nous n'y reviendrons qu'accidentellement; le sujet, envisagé surtout sous le point de vue biologique, ayant été suffisamment développé dans l'article auquel nous venons de faire allusion. Ce fut dans

[1] Le résumé en question est dû à la plume de notre regretté collègue, le professeur Édouard Claparède. Voyez *Archives des Sciences physiques et naturelles* du 15 mai 1871, tome XLI, page 66.

l'été de 1870 que l'amirauté anglaise donna suite à son projet d'envoyer une seconde expédition chargée de répéter, d'abord dans la baie de Biscaye et le long des côtes d'Espagne et de Portugal, et ensuite dans la Méditerranée, les observations faites l'année précédente dans le grand bassin de l'Atlantique septentrionale. La direction scientifique de cette expédition fut de nouveau confiée au Dr Carpenter, aidé de son fils, habile chimiste, et accompagné par MM. Jeffreys et Wyville Thomson, ce dernier chargé plus spécialement des opérations de draguage.

Le bateau à vapeur de la Marine royale, le *Porc-épic*, mis de nouveau à la disposition de l'expédition, quitta les côtes d'Angleterre le 4 juillet 1870. Cinq semaines environ furent consacrées à l'étude des profondeurs de l'Océan depuis Falmouth jusqu'à Gibraltar. L'étude du bassin de la Mediterranée a duré jusqu'à la fin de septembre, et c'est le 8 décembre que le Dr Carpenter a rendu compte à la Société royale du résultat des recherches dont elle l'avait plus spécialement chargé. Son rapport, fort étendu, a été publié dans le tome XIX, n° 125, des *Proceedings* de la Société royale, et plus tard, sous une forme un peu différente, dans le tome VI, partie 3, des *Proceedings* de l'Institution royale de la Grande-Bretagne. Ce sont ces deux rapports qui ont servi de base à la notice actuelle, laquelle n'est au fond qu'un résumé un peu détaillé des principaux résultats physiques obtenus par l'expédition. Dans une autre occasion, peut-être, il pourra être question des résultats biologiques, bien que, comme on le verra, la faune méditerranéenne ne puisse aucunement soutenir la comparaison avec celle trouvée dans les profondeurs de l'Océan.

Les instructions données aux savants faisant partie de l'expédition de 1870, étaient les suivantes : 1° Continuer vers le sud l'exploration physique et biologique de la portion de l'Atlantique qui baigne les côtes de France et d'Espagne, depuis l'extrémité nord de la baie de Biscaye jusqu'au détroit de Gibraltar. 2° Étudier, sous les mêmes rapports, la portion occidentale du bassin méditerranéen, depuis le détroit de Gibraltar jusqu'à l'île de Malte. 3° Chercher à démontrer, directement par l'expérience, l'existence dans le détroit d'un courant inférieur dirigé de l'est à l'ouest, et qui serait destiné à ramener dans l'Océan tout ou partie du courant atlantique qui se précipite dans la Méditerranée.

§ 1er. *Composition et Température de l'Océan.*

1° *Température.* — La première série d'observations faite par l'expédition se rapporte à la température de la portion de l'Océan qui baigne les côtes de France et d'Espagne entre les latitudes 48 et 36. Disons d'abord que, pendant toute cette partie du voyage, la température de la mer à sa surface a été prise toutes les deux heures, tant le jour que la nuit. Depuis le 48me degré de latitude jusqu'au voisinage du cap St.-Vincent (latitude 36°,5), cette température a été en croissant d'une façon à peu près régulière à mesure que l'expédition avançait vers le sud. De 16°,6 C. elle est montée graduellement à 20°,5. Pendant le même temps la température moyenne de l'air est montée de 17°,2 à 20°,5. Au delà du cap Vincent, et en avançant vers le détroit de Gibraltar, on a constaté des variations notables dans la température soit de la surface de la mer, soit dans celle du fond, variations auxquelles nous reviendrons plus tard. Remarquons seu-

lement ici que, tandis que pendant la période où l'expédition, après avoir traversé la baie de Biscaye, s'avançait le long des côtes d'Espagne et de Portugal, la température de l'air était constamment plus élevée de 1° à 2°,7 que celle de la mer, cette différence a cessé de se montrer lorsque le *Porc-épic* s'est rapproché du cap Saint-Vincent, et a été même remplacée, à la latitude de ce cap, par une légère différence en sens contraire. Après avoir dépassé le cap Saint-Vincent, en cinglant un peu vers l'est, l'excès de température de la surface de la mer sur celle de l'air est devenu plus marqué, la température de la mer s'étant élevée subitement de 1° à 2°, tandis que celle de l'air, dont l'état hygrométrique n'avait pourtant pas sensiblement varié, ne s'était accrue que de 0°,5 à 1°. Les trois jours suivants, l'expédition ayant dépassé l'embouchure du détroit, s'est trouvée d'un degré environ de plus au sud, et cependant la température moyenne de la surface de la mer est retombée de 22°,9 à 22°,2, tandis que celle de l'air indiquait à 23°,2. En arrivant vers le centre du détroit, où règne à la surface de l'eau un fort courant d'ouest à est, la température de la mer est tombée subitement de 3°, savoir à 19°,2, tandis que celle de l'air est montée à 24°,7, indiquant ainsi la différence tout à fait anormale de 5°,5 entre la température de la mer et celle de l'air [1].

Nous n'avons parlé jusqu'ici que de la température de la surface de la mer. Le tableau suivant donne la température de l'Océan à différentes profondeurs sur les côtes

[1] Le Dr Carpenter est disposé à attribuer cette différence à ce que le courant en question provient probablement d'une couche de l'Océan située un peu au-dessous de la surface, et par conséquent en dehors de l'action directe des rayons solaires.

d'Espagne et de Portugal (latitude moyenne 39 degrés).

Profondeur en mètres.	Température de la surface.	Température du fond.
148	16°	11°,9
234	16,5	11,4
454	18,2	11,
607	16	10,7
622	19,4	10,3
858	21	10,7
1134	19,5	10,3
1313	19	10,3
1320	19,7	9,8
1353	18,75	9,4
1466	19	9,5
1818	20,07	4,6
1947	18,3	4,25
2000	20	4,25

En laissant de côté l'influence directe des rayons solaires sur la couche d'eau la plus rapprochée de la surface de la mer, on voit que la température baisse d'abord très-graduellement à mesure que la profondeur augmente, puisque la température du fond, à 1466 mètres, est encore de 9°,5. Mais à dater de cette limite l'abaissement de température devient subitement très-considérable, puisqu'à 1818 mètres, le thermomètre n'indique plus que 4°,6. M. Carpenter en conclut, qu'à la latitude de Lisbonne il existe dans l'Océan la même séparation bien distincte entre une couche supérieure chaude et une couche inférieure froide, que celle qui a été remarquée entre les îles Shetland et Feroë lors de l'expédition de 1869 [1], avec cette différence cependant, que tandis que, dans le dernier cas, la limite de séparation se trouve entre 250 et

[1] Voyez *Archives des Sciences phys. et natur.* du 15 mai, page 72.

500 mètres de profondeur, dans la partie de l'Océan qui baigne les côtes du Portugal, elle se trouve à une profondeur beaucoup plus considérable, savoir, en nombres ronds, entre 1450 et 1800 mètres.

2° *Composition et Densité de l'Océan sur les côtes de France et d'Espagne.* — Pour déterminer le degré de salure de cette partie de l'Océan, on a dosé par l'analyse volumétrique la quantité de chlore, sous forme de chlorure, dans 36 échantillons d'eau prise entre Falmouth et Lisbonne. Sur ces 36 échantillons, 12 ont été pris à la surface de la mer, 12 au fond, à des profondeurs diverses jusqu'à 2400 mètres, et 12 à des profondeurs intermédiaires. Les résultats sont exprimés en grammes par 1000 cent. cubes d'eau.

	Eau de la surface.	Eau intermédiaire.	Eau du fond.
Moyenne.......	19,94 gr.	19,83 gr.	19,75 gr.
Maximum......	20,19	19,94	19,98
Minimum	19,81	19,70	19,46

Il résulte de ce tableau qu'il existe bien un léger excédant de sel dans l'eau voisine de la surface de l'Océan, mais cet excédant est si faible, qu'il ne suffit pas pour neutraliser l'augmentation de densité due, soit à la température plus basse de l'eau à une grande profondeur, soit à la pression des couches supérieures. Cinq déterminations de la quantité de chlore renfermé dans des échantillons pris dans les mêmes parages, depuis la surface de la mer jusqu'à une profondeur de 183 mètres, ont donné les résultats suivants :

Surface	20,013 gr.
18 mètres......	19,909
46 »	19,909
91 »	19,909
183 »	19,808

Ces résultats semblent de nouveau indiquer que le faible excédant de densité, qu'on ne remarque que dans la couche tout à fait superficielle de la mer, est due uniquement à l'évaporation, et si cette couche ne descend pas, c'est que son excédant de sel est si faible, que déjà à 18 mètres de profondeur, l'effet de cet excédant est compensé par l'augmentation de densité due au refroidissement.

La pesanteur spécifique de l'eau de mer ne pouvait guère être déterminée directement par l'hydromètre, soit à cause du peu d'exactitude de cet appareil, soit par suite du mouvement presque constant du vaisseau. M. Carpenter a préféré se servir de la balance, en contrôlant ensuite les résultats obtenus par la détermination directe de la quantité de chlore. Il a trouvé ainsi, que cette pesanteur spécifique variait entre 1,026, qui représente celle d'un échantillon d'eau du fond de la mer à une densité minimum, et 1,0269, représentant la pesanteur spécifique d'un échantillon pris à la surface à une densité maximum. La densité moyenne de cette partie de l'Océan se trouve ainsi représentée par le chiffre 1,0265.

§ 2. *Température et Composition de la Méditerranée.*

Passons maintenant au sujet principal qu'avait en vue l'expédition de 1870, savoir, l'étude de la température et de la composition de la Méditerranée.

1° *Température de la surface.* — Sauf deux journées exceptionnelles, le 19 et le 20 août, la température

moyenne diurne de la surface de la Méditerranée s'est maintenue, depuis le 16 août jusqu'au 28 septembre, entre les limites de 22°,7 et 26°. En quittant le détroit de Gibraltar, dans lequel la température de la mer était tombée subitement à 19°, pour entrer dans le véritable bassin méditerranéen, la température de la surface de l'eau s'est accrue de 3°,7, le thermomètre indiquant 22°,7. Cette température s'est maintenue pendant deux jours, du 16 au 18 août. Mais le 19 elle est descendue jusqu'à 19°,4, la moyenne atmosphérique étant de 21° ; et le 20, elle est remontée à 20°,5, avec une moyenne atmosphérique de 23°,5. Le premier de ces deux jours, lorsque l'expédition remontait de la côte d'Afrique vers celle d'Espagne par un fort vent de nord-est, l'on ne peut guère douter que l'abaissement notable de la température de la mer ne fût dû à l'effet du courant froid arrivant de l'Atlantique. Le 20, alors que le navire se trouvait entre le cap de Gat et Carthagène, l'effet de ce courant était encore manifeste, bien qu'à un degré moindre. Au delà de Carthagène, l'expédition a retrouvé, le 21 août, la vraie température de la Méditerranée, savoir, 22°,7 ; et à dater de cette époque jusqu'au 28 septembre, la température moyenne de la surface, pendant le jour, n'est jamais descendue au-dessous de ce chiffre.

2° *Des variations qui ont lieu dans la température de la couche supérieure de la Méditerranée.* — Le décroissement rapide qui a lieu dans la température de la mer dès qu'on descend en dessous de la surface, suffit pour montrer que l'effet du rayonnement solaire ne s'étend pas au delà d'une couche d'eau relativement mince. Le tableau suivant fournit le résultat de trois séries d'observations faites à trois stations très-différentes. On remarquera qu'à

la première station (latitude 36°, longitude 4°,40 ouest), bien qu'elle soit plus rapprochée du détroit que les deux autres, l'effet refroidissant du courant atlantique est beaucoup moins sensible qu'à la seconde (latitude 37°,25, longitude 1°,10 ouest). La troisième station (latitude 36°,53, longitude 5°,55 est) peut être regardée comme caractérisant l'état normal de la couche supérieure de la Méditerranée pendant la saison chaude.

Profondeur.	1re station.	2me station.	3me station.
Surface	23°,05	20°,7	25°
9 mètres			24,45
18 »	20,75	15	21,7
36 »	18,4	14,2	16,4
55 »	17,3	13,6	15,55
73 »	16,58	13,16	14
91 »	15,48	12,95	13,72
183 »	12,83	12,61	13,05

Partant d'abord des données fournies par la station n° 3, il est à remarquer que, tandis que la température n'est descendue que de 0°,55 pour les 9 premiers mètres, elle a baissé de 2°,75 entre 9 et 18 mètres, et de 5°,3 entre 18 et 36 mètres. Au delà de 36 mètres, le décroissement de température est devenu très-lent. A la station n° 1, à laquelle la température de la surface était moins élevée qu'à la station n° 3, le décroissement de chaleur pendant les 18 premiers mètres a été à peu près le même; mais depuis 18, et surtout depuis 36 mètres, ce décroissement est devenu beaucoup plus lent, de sorte qu'entre 36 et 91 mètres, la température s'est trouvée plus élevée de 1°,5 à 2° qu'aux profondeurs correspondantes de la station n° 3. A la profondeur de 183 mètres, les deux températures sont devenues pres-

que identiques, par suite du décroissement plus rapide depuis 91 à 183 mètres à la station n° 1. D'autre part, à la station n° 2, le décroissement de température le plus rapide a eu lieu entre la surface et la profondeur de 18 mètres, mais quoique au delà de cette limite le décroissement soit devenu très-lent, il est à remarquer que les températures à cette station sont restées inférieures à celles observées aux deux autres, jusqu'à la profondeur de 183 mètres, à laquelle la différence de température d'une station à l'autre ne dépasse pas demi-degré.

3° *De la température du fond de la Méditerranée.* — L'uniformité de température qui a été constamment remarquée au fond de la Méditerranée, toutes les fois que ce fond se trouvait au-dessous de 100 brasses, soit 183 mètres, est un fait nouveau et digne de toute l'attention des physiciens. La température la plus basse du fond qui ait été observée est de 12°,22, à la profondeur de 1445 mètres. La plus élevée est de 13°,88, et elle s'est présentée dans trois occasions différentes, aux profondeurs de 486, 715 et 816 mètres. Que cette température un peu plus élevée ne dépende pas de la profondeur moins grande à laquelle elle a été observée, devient évident par les considérations suivantes : 1° à la profondeur la plus grande à laquelle la sonde soit arrivée, savoir, 3188 mètres, la température accusée était de 13°,33, tandis que celle de 12°,8 a été constatée dans deux occasions différentes aux profondeurs de 2663 et 2758 mètres. 2° Les faibles variations, constatées entre les températures du fond de la mer, se sont fait également remarquer entre les températures prises à une même profondeur de 183 mètres. Il est donc permis d'affirmer, comme règle générale, que « quelle que soit

« la température constatée à la profondeur de 183 mè-
« tres, cette même température persiste sans variation
« sensible jusqu'aux plus grandes profondeurs obser-
« vées. » Dans la portion du bassin ouest de la Méditerranée, entre Gibraltar et la Sardaigne, la température du fond a varié entre 12°,2 et 13°, la moyenne étant 12°,6. Dans la portion plus à l'est, qui se trouve dans le voisinage de la Sicile, cette température a varié entre 12°,7 et 13°,6, la moyenne étant de 13°,15.

Il était naturel que le contraste si remarquable que présente l'Atlantique, comparé à la Méditerranée, sous le rapport de la diminution subite et considérable de température qui a lieu dès que l'on atteint les grandes profondeurs de l'Océan, préoccupât vivement les physiciens de l'expédition. On peut d'abord regarder comme démontré par ce qui précède, que la température de la surface de la Méditerranée, quelque élevée qu'elle soit, ne peut être transmise, de haut en bas, à une profondeur supérieure à 183 mètres. Le Dr Carpenter se croit fondé à en conclure que la température à peu près uniforme de 12°,7 à 13°,15, que l'on rencontre au-dessous de cette limite, représente la *température permanente* de la grande masse d'eau qui occupe le bassin méditerranéen. Or, cette masse d'eau se trouve entièrement isolée de la circulation générale de l'Océan, dont le courant superficiel d'ouest à est à travers le détroit de Gibraltar n'a d'autre effet que d'abaisser légèrement la température générale à l'extrémité ouest du bassin méditerranéen. La température uniforme et permanente de la masse d'eau méditerranéenne peut donc être considérée comme représentant la température moyenne de la terre dans cette région, légèrement accrue, peut-être, par suite du transport de haut

en bas, d'une très-faible quantité de chaleur dont il sera question tout à l'heure. Et, effectivement, le lieutenant Millard, chargé par le gouvernement anglais de lever le plan de la petite île de Pantellaria, entre la Sicile et la côte d'Afrique, y a découvert une caverne située a une assez grande profondeur, où la température en été ne dépassait pas 12°,2. M. Carpenter s'est aussi assuré que telle est la température à peu près constante des citernes profondes destinées à maintenir la fraîcheur de l'eau dans l'île de Malte.

Supposons maintenant que la surface de la mer ait pu être suffisamment refroidie, à la suite d'un hiver rigoureux, pour atteindre la température permanente de 12° à 13° que nous avons reconnu être celle de la grande masse de l'eau méditerranéenne, et cherchons de quelle façon cette couche superficielle devra se comporter sous l'action des chaleurs d'été. D'abord, le soleil ne pourra évidemment exercer une action directe que sur la surface proprement dite, puisque la quantité de chaleur transmise directement par un liquide de haut en bas est à peine sensible, et que la couche superficielle devenant plus légère à mesure qu'elle se réchauffe, ne saurait être déplacée par les couches qui sont au-dessous d'elle. Tel serait certainement le cas s'il s'agissait d'eau douce, mais lorsqu'il est question d'eau de mer, le sel que renferme celle-ci doit tendre à modifier, au moins en apparence, la loi générale de conductibilité des liquides. On conçoit en effet, que l'évaporation très-rapide de la surface de la mer en été, favorisée comme elle l'est, par les vents chauds et secs d'Afrique, puisse donner lieu à une concentration de sel telle, que la couche superficielle, malgré son élévation de température, devienne momenta-

nément plus lourde que la couche immédiatement au-dessous d'elle, et par conséquent descende pour être aussitôt remplacée par celle-ci. De cette façon, la couche superficielle transporte, de haut en bas, son excédant de chaleur, qui se répand aussitôt dans la couche sous-jacente. Le renouvellement constant de ce phénomène, tant que dure la saison d'été, transportera toujours plus bas la chaleur des couches supérieures de la mer; mais, dès que l'approche de l'hiver aura refroidi l'atmosphère au-dessous de la température de la mer, la surface de celle-ci se refroidira à son tour, et devenant plus lourde que la couche sous-jacente, elle descendra de nouveau, cette fois pour refroidir, au lieu de réchauffer les couches inférieures avec lesquelles elle va se trouver successivement en contact. Une circonstance qui tend à confirmer cette hypothèse de M. Carpenter sur la précipitation en été de la surface chaude de la mer par suite de l'augmentation de densité due à la concentration saline, c'est que, contrairement à ce qui a lieu dans l'océan Atlantique, l'eau de la Méditerranée a été trouvée sensiblement moins salée à la surface qu'à une certaine profondeur.

4° *Densité et Composition de l'eau de la Méditerranée.* — La détermination exacte de la quantité de sel renfermé dans l'eau de la Méditerranée, prise soit à la surface, soit à diverses profondeurs, a été regardée à juste titre comme l'un des objets importants de l'expédition. Il y a eu vingt-cinq déterminations [1] de la quantité de chlore contenu dans l'eau prise à la surface de la mer,

[1] La proportion de chlore dans chaque échantillon a été déterminée par l'analyse volumétrique, opération qui peut se faire facilement à bord, et de laquelle on peut conclure avec une assez grande exactitude la quantité totale de sel.

depuis le détroit de Gibraltar jusqu'au bord du bassin est de la Méditerranée (latitude 36°,31, longitude 15°,46 est). On a constaté d'abord une différence sensible entre la densité de l'eau de la mer prise à l'ouest, du côté du détroit, et celle du bassin du côté de l'est. En effet, tandis que dans l'eau du bassin est, on a trouvé constamment une quantité de sel notablement supérieure au maximum de celui que contient l'océan Atlantique, il a été remarqué que cette quantité de sel tendait à diminuer à mesure qu'on s'approchait de Gibraltar, jusqu'à présenter, au détroit même, une composition presque identique avec celle de l'Océan. C'est ainsi que déjà à la hauteur de Carthagène (latitude 37°,25, longitude 1°,1 ouest), la proportion de chlore n'a plus été représentée que par le chiffre 20,46, soit 0,27 seulement au-dessus de la salure maximum de l'Atlantique. De même, une série de cinq échantillons d'eau recueillie pendant le retour de l'expédition, et à mesure qu'elle se rapprochait du détroit, a fourni pour la proportion moyenne de chlore, le chiffre de 20,57, et pour la densité de l'eau, celui de 1,0274. D'autre part, dans la portion orientale du bassin voisine de la Sicile, où l'eau était évidemment de l'eau méditerranéenne proprement dite, la moyenne de dix déterminations de la quantité de chlore s'est trouvée être de 21,05, avec une densité correspondante de 1,0280. En combinant ces dernières observations avec les précédentes, on obtient le chiffre de 20,87, avec une densité de 1,0278, comme représentant la salure moyenne générale de l'eau de la surface de la Méditerranée.

Les déterminations de la proportion de chlore dans l'eau prise au fond de la Méditerranée, à des profondeurs variant de 378 à 3109 mètres, ont été au nombre de

vingt. Elles indiquent en général un excédant de sel dans l'eau du fond comparée à celle de la surface. Le chiffre maximum a été de 21,88 avec une densité correspondante de 1,0292; le chiffre minimum, de 21,08, avec une densité de 1,0281. La moyenne générale donne le chiffre de 21,38 pour la quantité de chlore que contient l'eau du fond de la mer, au lieu de celui de 20,87 contenu dans l'eau de la surface. En groupant ces observations sous trois séries, suivant la profondeur à laquelle elles ont été faites, on arrive à un résultat singulier.

Profondeur du fond.		Chlore.	Densité.
De 366 à 732 mètres,	moyenne de 7 observations.	21,33	1,0287
732 à 1464 »	» 7 » ..	21,38	1,0285
2377 à 3109 »	» 6 » ..	21,21	1,0283

Il paraîtrait donc que l'excès de salure du fond de la mer se fait surtout remarquer là où elle est la moins profonde, et que cet excès diminue à mesure que la profondeur du fond augmente. Ce résultat devient encore plus frappant, si l'on compare l'échantillon recueilli à la profondeur la plus faible, 366 mètres, avec celui pris à la profondeur la plus grande, 3109 mètres, car c'est le premier qui a fourni pour la quantité de chlore le chiffre maximum de 21,88, et le second, le chiffre minimum de 21,08. Ce fait, bien qu'anormal à première vue, n'est pourtant pas difficile à expliquer, si on considère l'effet que doit produire sur les couches d'eau inférieures la concentration saline exceptionnelle de la surface de la Méditerranée. M. Carpenter démontre, en effet, expérimentalement, qu'en versant une forte solution saline colorée sur une solution saline incolore et moins concentrée, la première commence par s'enfon-

cer en entier, mais chemine toujours plus lentement à mesure qu'elle abandonne une portion de son excédant salin au liquide à travers lequel elle descend. On voit alors la couleur se propager graduellement dans toute la masse liquide, jusqu'à ce que la proportion de sel soit devenue partout la même, par suite du procédé de diffusion. En appliquant ce raisonnement à la mer, il devient évident, comme le fait remarquer notre auteur, que si chaque colonne d'eau est censée reposer, pour ainsi dire, sur sa base, le degré de concentration auquel pourra être portée la masse totale d'eau par l'addition d'une plus forte dissolution saline devra dépendre, toutes choses d'ailleurs égales, de la hauteur de cette colonne. Là où elle est peu élevée, c'est-à-dire, là où la profondeur de la mer ne dépasse pas quelques centaines de mètres, il est naturel que la densité de celle-ci soit accrue d'une manière plus sensible par suite de la précipitation de l'eau sursalée de la surface, que là où cette profondeur atteint de 2 à 3 mille mètres.

Les considérations qui précèdent paraissent justifier l'opinion du Dr Carpenter relativement à l'absence presque complète de mouvement dans les grandes profondeurs de la Méditerranée. L'uniformité relative de température dans cette mer, jointe à la circonstance que les variations des saisons ne peuvent se faire sentir que sur les couches superficielles ne fournit, en effet, aucune raison d'être à cette *circulation verticale* constatée par l'expédition de 1869 dans les grands bassins de l'Océan, et attribuée à l'action opposée de la chaleur et du froid sur les régions équatoriales et polaires [1]. On peut en

[1] Voyez Rapport du Dr Carpenter sur l'expédition de 1869, *Proceedings de la Société Royale*, tome XVIII, n° 121, p. 454 et suivantes, et tome XIX, n° 125, p. 213 et suivantes.

dire autant de la possibilité *de déplacement horizontal* dans les eaux de la Méditerranée à de grandes profondeurs. Ces déplacements paraissent, en effet, tout aussi difficiles à admettre, car le vent ne peut guère exercer d'action que sur cette couche comparativement rapprochée de la surface qui est affectée par le courant du détroit, et dont la profondeur n'atteint probablement pas mille mètres. Il doit en être de même de l'eau douce fournie par la pluie ou par les rivières; celle-ci pourra bien servir à compenser la perte due à l'évaporation de la surface de la mer, et à maintenir ainsi, dans la couche supérieure, le degré de pureté nécessaire à l'existence des poissons et d'autres animaux qui l'habitent, mais elle doit rester sans influence quelconque sur les eaux situées à une grande profondeur. D'ailleurs, si les eaux profondes de la Méditerranée étaient, comme celles de l'Océan, continuellement sujettes à un déplacement horizontal, il faudrait s'attendre, ou bien à ce que l'eau la plus dense se précipitât au fond de la mer, ou au moins à une égalité de densité dans les couches inférieures du bassin. Or, ni l'une ni l'autre de ces circonstances ne se vérifient. Nous savons, au contraire, que la densité de la Méditerranée varie avec la profondeur, au point de faire supposer que l'eau de chaque portion du bassin conserve, sous ce rapport, son caractère spécial pendant une période presque indéfinie.

5. *De la matière solide en suspension dans l'eau de la Méditerranée.*—La Méditerranée se distingue de l'Océan, non-seulement en ce qu'elle est plus salée, mais aussi en ce qu'elle tient en suspension des particules solides dans un état d'extrême division. Le Dr Carpenter, en examinant

des échantillons d'eau pris dans le fond du bassin méditerranéen, a été frappé du fait que cette eau paraissait constamment trouble, à tel point qu'il était difficile, même en la filtrant, de lui rendre sa transparence. Pour doser le chlore qu'elle renferme, deux ou trois filtrations préalables étaient indispensables, et dans chaque cas, la matière qui restait sur le filtre était composée de particules inorganiques d'une extrême ténuité. Or, c'est un fait connu des chimistes, que le temps requis pour qu'un précipité se dépose complétement, est d'autant plus long que ses particules sont plus divisées. C'est ainsi que Faraday a montré que certains précipités d'or peuvent rester un mois avant d'être complétement déposés, et M. Babbage a calculé que dans le cas de substances d'une densité moins considérable, plusieurs siècles peuvent être nécessaires pour amener la précipitation complète de particules très-divisées à travers une masse considérable de liquide.

Partant de ces données, et en rappelant que les eaux profondes de la Méditerranée sont, non-seulement isolées de la grande circulation océanique, mais elles-mêmes presque entièrement dénuées de toute circulation verticale, le Dr Carpenter admet que l'impureté remarquée dans l'eau du fond de la Méditerranée est due à la diffusion imperceptible d'une matière excessivement divisée à travers la masse d'eau tout entière. Il a vu une confirmation de cette hypothèse dans le fait que le dépôt trouvé au fond des chaudières des bateaux qui naviguent sur la Méditerranée, diffère de celui fourni par les eaux de l'Océan, non-seulement en ce qu'il contient une plus grande proportion de sel, mais aussi en ce qu'il renferme une quantité de limon excessivement divisé, qui, dans ce cas,

a dû évidemment se trouver dans l'eau de la surface. Le résultat de cette expérience, sur une grande échelle, est parfaitement d'accord avec celui obtenu par M. Tyndall, en exposant dans son laboratoire à la lumière électrique, un échantillon d'eau prise à la surface de la Méditerranée. Cette eau, de même que celle du lac de Genève, lui a paru évidemment chargée de particules très-divisées à l'état de suspension [1]. Ce sont ces particules, composées d'un sable fin jaunâtre, en partie siliceux et en partie calcaire, qui donnent lieu à ce dépôt boueux dont la drague a partout constaté la présence dans les grandes profondeurs de la Méditerranée. Suivant le Dr Carpenter, ce serait au Rhône, qui, bien qu'il dépose au fond du lac Léman une grande quantité de matière sédimentaire, n'en reste pas moins chargé de particules à l'état d'extrême division, et reçoit d'ailleurs non-seulement l'Arve rempli de sable, mais encore les eaux boueuses de la Saône et des torrents provenant des Alpes du Dauphiné, que serait due cette diffusion de particules sédimentaires dans tout le bassin ouest de la Méditerranée. Il est vraisemblable que le Nil joue le même rôle à l'égard du bassin de l'est. C'est à l'existence de ce dépôt boueux qui rend très-difficile la respiration des animaux marins, joint à l'état de stagnation due à l'absence presque complète de toute circulation verticale, que l'auteur attribue la faune peu nombreuse et peu variée que fournit le fond de la Méditerranée, en comparaison de celle trouvée dans l'océan Atlantique, si exceptionnellement riche sous ce rapport.

6° *Des Courants dans le détroit de Gibraltar.* — L'ex-

[1] On sait que c'est à la présence de ces particules excessivement divisées que le professeur Tyndall a attribué la couleur bleue si intense qui caractérise l'eau de l'un et l'autre de ces bassins.

pédition a constaté expérimentalement, au moyen d'un appareil très-ingénieux, imaginé par le capitaine Calver, et connu sous le nom de « *current-drag* » [1], le fait déjà généralement admis, de l'existence dans le détroit de deux courants distincts et marchant en sens contraire. La longueur du détroit de Gibraltar proprement dit est d'environ 57 kilomètres. Sa largeur, qui est d'environ 36 kilomètres entre les caps Trafalgar et Spartel, va en diminuant graduellement jusqu'à n'être plus que de 15 kilomètres dans sa partie la plus étroite, entre Tarifa et la pointe d'Alcazar. Le détroit s'élargit de nouveau en approchant de Gibraltar, jusqu'à présenter, entre Gibraltar et Ceuta, une largeur de 19 à 20 kilomètres. Au delà de Gibraltar, on entre subitement dans le bassin de la Méditerranée. La portion la plus profonde du détroit

[1] Le *current-drag* se compose d'un panier muni de quatre ailes en croix, recouvert extérieurement de toile, et sous lequel est fixé un poids de 112 kilogrammes. On suspend cet appareil à la profondeur voulue au moyen d'une corde attachée au fond d'un bateau très-léger, qu'on abandonne ensuite à lui-même.

Le panier se remplit d'eau, et offre une résistance très-considérable proportionnelle à la surface de sa section passant par deux ailes opposées. L'action du courant superficiel est elle-même proportionnelle à la surface de la section transversale du bateau et de la corde de suspension. Connaissant le rapport de ces surfaces, ainsi que la direction et l'intensité du courant superficiel, la direction et l'intensité du courant inférieur se déduisent très-approximativement de la marche du bateau. Celle-ci doit être accélérée ou ralentie sans changer de sens, suivant que le courant inférieur est plus rapide ou plus lent que le courant supérieur et dans le même sens que lui. Elle doit changer de sens si le courant inférieur est en sens contraire et d'une certaine intensité. Enfin, comme la surface de résistance du *current-drag* est notablement plus grande que celle de la corde de suspension et du bateau, ce dernier s'arrêtera lorsqu'il existera un courant inférieur beaucoup plus faible que le courant superficiel, mais dirigé en sens inverse.

se trouve à son extrémité est, entre Gibraltar et Ceuta, où la profondeur atteint 945 mètres. De là, elle va en diminuant graduellement à mesure qu'on avance vers l'ouest, jusqu'à ne pas dépasser entre les caps Trafalgar et Spartel la profondeur moyenne de 275 mètres. Au delà de cette espèce de crête, qui sert pour ainsi dire de ligne de séparation entre les eaux de la Méditerranée et celles de l'Océan, la profondeur va de nouveau en augmentant, jusqu'à atteindre à l'extrémité ouest du détroit la même profondeur, environ 900 mètres, qu'entre Gibraltar et Ceuta.

Parlons d'abord de la partie la plus étroite et en même temps la plus profonde du détroit, située du côté de l'est entre Tarifa et la pointe d'Alcazar, où nous avons vu que la largeur totale ne dépasse guère 15 kilomètres. C'est vers le milieu de cette portion du détroit, sur une largeur moyenne de 6 kilomètres, que le « current-drag » a constaté dans les couches superficielles de la mer, un courant marchant d'ouest à est (de l'Océan vers la Méditerranée) avec une vitesse variable, influencée jusqu'à un certain point par la marée et le vent, mais qui paraît être en moyenne de 4 kilomètres à l'heure. A la profondeur de 183 mètres, la vitesse de ce courant d'ouest à est n'est plus que de 2 kilomètres. A la profondeur de 457 mètres, le « current-drag » a persisté à accuser l'existence d'un courant, mais cette fois dirigé en sens contraire à la direction du courant supérieur, savoir, d'est à ouest, et n'ayant qu'une vitesse de demi-kilomètre à un kilomètre à l'heure. L'existence de ce même courant d'est à ouest a été constatée à la profondeur de 730 mètres, mais ayant une vitesse moindre encore, savoir, de 0,3 à 0,5 kilomètre par heure.

Des observations analogues ont été faites à l'extrémité ouest du détroit, où la mer est plus large et moins profonde qu'à l'extrémité est. Ainsi qu'on devait s'y attendre, la vitesse du courant supérieur, allant d'ouest à est, a été trouvée notablement moindre que dans la portion étroite du détroit. De 4 kilomètres à l'heure il s'est trouvé réduit à un peu moins de 2 kilomètres. A la profondeur de 183 mètres, on n'a pas remarqué de diminution sensible dans la vitesse du courant. A 275 mètres, cette diminution est devenue évidente, mais comme la profondeur de cette partie du détroit ne dépasse guère 365 mètres, le courant inférieur d'est à ouest n'a pu être constaté par l'expérience directe, comme il a pu l'être dans la portion étroite du détroit, où la profondeur est beaucoup plus considérable. Au reste, le Dr Carpenter n'a pas voulu se contenter des résultats obtenus au moyen du « current-drag, » mais a cherché à les contrôler, et, dans ce dernier cas, à y suppléer par des observations directes sur la température et la densité des couches d'eau prises dans le détroit à des profondeurs différentes. C'est ainsi qu'il s'est assuré, par l'examen d'échantillons d'eau prise d'abord à la surface de la mer, puis successivement à 183, 457 et 732 mètres de profondeur que, tandis que les deux premiers accusaient la température et la densité propres à l'eau de l'Atlantique, les deux derniers présentaient invariablement cet excédant de densité et cette permanence de température qui caractérise l'eau de la Mediterranée au-dessous de 183 mètres. Il est même à remarquer qu'un échantillon d'eau, recueillie à la profondeur de 457 mètres, s'est trouvée dans deux occasions différentes notablement plus dense que de l'eau prise à la profondeur de 732 mètres. Un fait aussi anormal que celui d'une cou-

che d'eau plus dense se maintenant au-dessus d'une couche de densité inférieure, ne peut s'expliquer, suivant notre auteur, qu'en admettant dans ces parages l'existence d'un courant passablement rapide.

L'expédition anglaise serait donc parvenue à démontrer expérimentalement ce qui n'était jusqu'ici qu'une hypothèse, généralement admise, il est vrai, savoir, qu'en outre du courant superficiel de l'ouest à l'est destiné à amener dans la Méditerranée l'eau un peu moins salée et comparativement fraîche de l'Océan, il existe à une profondeur variant de 450 à 750 mètres un contre-courant dirigé en sens inverse, et destiné à ramener dans l'Océan l'eau sursalée et suréchauffée de la Méditerranée. Ce contre-courant d'est à ouest, bien que moins rapide que celui du courant atlantique d'ouest à est, l'est cependant assez pour qu'il puisse, après avoir remonté un plan sensiblement incliné, franchir cette crête ou ligne de séparation entre la Méditerranée et l'Océan qui se trouve à l'extrémité ouest du détroit. C'est sans doute à cet échange réciproque de leurs eaux que l'on doit attribuer le peu de différence qui existe entre la densité de la Méditerranée et celle de l'Océan.

F. M.

DES MÉTÉORITES[1]

PAR

M. STANISLAS MEUNIER.

Nous avons cru bien faire en résumant, en un seul article, les douze notes ou mémoires relatifs aux météorites publiés par M. St. Meunier, du 24 octobre 1870 au 1er mai 1871, dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Ils renferment des recherches expérimentales et des considérations théoriques; ces dernières peuvent évidemment donner lieu à des discussions, les astronomes et les géologues ne seront pas tous du même avis; peut-être même trouvera-t-on qu'il est difficile de déduire des données précises sur la constitution d'un astre, de l'examen d'une pierre météorite qui n'est jamais d'un volume considérable? Quoi qu'il en soit, les travaux de M. Meunier présentent un haut intérêt.

Les nombreuses recherches qui ont été faites sur la composition des météorites n'ayant jamais dénoté dans celles-ci d'autres corps simples que ceux connus sur la Terre, on en a conclu l'*unité de constitution* du système solaire, et en retrouvant sur certains astres les traces des mêmes phénomènes géologiques observés sur la Terre, tels que les soulèvements, les éruptions, les actions volcaniques, etc., on reconnaît également l'*unité des phénomènes* dans un même système. Les analogies sont très-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, d'octobre 1870 à mai 1871.

grandes entre les roches terrestres et celles des météorites, car on a observé des météorites stratiformes (Caille, l'Aigle, d'Aumale, etc.), des météorites éruptives (fer de Jewell-Hill), des météorites métamorphiques (Tadjera), et des météorites bréchiformes non éruptives (St. Mesmin et Canellas).

Les astres du système solaire ont donc une origine commune et traversent avec une rapidité, en rapport avec leur volume, les phases successives d'un refroidissement. Ces phases se reconnaissent dans les états si tranchés du Soleil, des planètes, des satellites et des météorites; les astres paraissent à un certain point de vue naître, vivre, mourir et subir le travail de la décomposition.

La géologie comparée est l'étude de l'ensemble de ces phénomènes, car l'observation du ciel aide à résoudre les questions de géologie terrestre, c'est-à-dire que la connaissance des actions qui se passent sur le Soleil et sur les planètes, et de celles qui se sont passées sur la Lune et sur les météorites, fournissent des renseignements sur les phénomènes géologiques internes du globe.

La grande ressemblance de composition et de structure qui existe entre la serpentine et la pierre météorique nommée chantonnite, tombée à Chantonnay, et reconnue dans diverses météorites, indique que ces deux substances se sont formées à peu près dans les mêmes conditions. La serpentine est considérée comme éruptive par beaucoup de géologues, mais la forte proportion d'eau qui y est contenue porte à croire qu'elle n'est pas arrivée des profondeurs de la terre dans son état actuel, et qu'elle est une modification d'une roche qui a fait éruption à la surface du globe. Elle semble former la tête des filons de cette roche encore inconnue (quoiqu'on l'ait supposée com-

posée de péridot), décomposée et hydratée par l'influence des agents atmosphériques. Elle paraît être dans une position semblable à celle des malachites qui couronnent les gîtes de chalkopyrite. Si la chantonnite qui est anhydre était soumise à des circonstances hydratantes, elle fournirait une substance serpentineuse ; ceci fait penser que la chantonnite est la roche dont l'altération produit la serpentine ; elle est éruptive et tire probablement son origine de l'aumalite, météorite tombée à Aumale.

Dans l'étude des météorites, on admet que celles qui sont identiques proviennent d'un même gisement, mais on peut montrer aussi la communauté d'origine de météorites différentes : il y a des météorites homogènes (monogéniques), et d'autres mélangées et bréchiformes (polygéniques) ; certaines météorites de cette dernière nature, la mesminite (St. Mesmin, Aube), par exemple, sont constituées par deux roches très-différentes : l'une est blanche et à elle seule forme de nombreuses météorites telles que la lucéite ; l'autre est de couleur sombre et compose d'autres météorites telles que la limerickite. On en conclut que la mesminite, la lucéite et la limerickite sont en relations stratigraphiques. D'autres météorites encore donnent des indications de même ordre relatives à des substances différentes : la météorite de la Cordillère de Deesa au Chili est composée d'une pâte métallique renfermant des fragments pierreux anguleux, or la pâte est identique à la substance météorique qui constitue le gros bloc de la Caille, et les fragments pierreux sont identiques aussi à la masse tombée à Tadjera près Sétif : les roches de la Caille (Caillite) et de Sétif (tadjérite) ont donc été en relation dans leur gisement originel.

L'aumalite, avons-nous dit, a la même origine que la chantonnite ; par conséquent les roches météoriques diverses ont été en relation entre elles dans un astre. Mais nous allons prouver que, dans la météorite de Deesa, le mode de formation de la partie métallique n'a pas été le même que celui de la météorite de la Caille, et que la pierre de Sétif, identique aux fragments de la pierre de Deesa, a subi un métamorphisme postérieur à sa formation. On sait que l'expérience de Widmannstætten consiste à polir une surface plane, sur une météorite, et à la soumettre à l'action d'un acide, alors on voit paraître une figure ou un moiré d'une grande régularité. La pierre de Deesa, soumise à cet essai, ne laisse paraître que des dessins confus, et ce caractère révèle son origine éruptive. En effet, si on fond dans un creuset, du fer de la Caille, et qu'on le laisse refroidir lentement, sa structure change et les figures de Widmannstætten sont confuses, on peut donc conclure que le fer de Deesa n'est autre que le fer de la Caille qui par voie de fusion a été injecté au travers des roches pierreuses et qui en a empâté des fragments, c'est une brèche de filon éruptif. D'ailleurs, si on chauffe au rouge, dans un creuset, soit l'aumalite, soit la chantonnite, elles se changent en tadjérite. Il est donc probable que le fer de la Caille en faisant éruption a enveloppé des fragments d'aumalite et de chantonnite et les a changés en tadjérite. Ceci nous indique les relations stratigraphiques qui existaient entre la caillite et l'aumalite, et ce n'est pas le seul exemple de métamorphisme.

Remarquons, avant d'en signaler un nouveau, que les météorites grises telles que l'aumalite, la chantonnite, la lucéite et la montréjite deviennent noires, dures, tenaces

et denses, sous l'influence de la chaleur rouge; or si l'on chauffe à l'abri de l'air, avec une lampe à gaz, la montréjite, météorite d'un gris cendré clair qui s'égrène aisément, le ciment de la roche reste gris et friable, les globules deviennent noires, ce qui donne un produit semblable à la météorite de Belaja-Zerkwa ou bélagite et à celle de Butsura dans l'Inde anglaise (butsurite); mais si l'on chauffe la montréjite dans un grand feu de coke (ce qui change l'aumalite en tadjérite), on obtient de la stawropolite, qui est noirâtre et assez dure pour recevoir le poli. On peut donc croire que la stawropolite et la bélajite proviennent de la montréjite.

Voilà donc plusieurs exemples de métamorphisme produits dans les roches météoriques. Après en être arrivé là, M. Meunier a cherché à produire ces dernières au moyen d'une roche terrestre et à porter la science au delà du point où elle a été amenée par les beaux travaux de M. Daubrée, qui, par une série de recherches fort curieuses, est arrivé à réaliser, au moyen des roches terrestres, non pas des météorites, mais des produits semblables à des météorites fondues. M. St. Meunier a voulu résoudre ce problème par des expériences sur la serpentine, roche qui a une grande analogie avec certaines météorites. Il fallait transformer la serpentine sans la fondre, parce que cette roche présente déjà une structure semblable à celle de certaines météorites, il fallait aussi employer un procédé déshydratant et réducteur.

M. Meunier a donc soumis des fragments de cette roche à la chaleur rouge et à un courant d'hydrogène; la modification de la serpentine déjà notable dans un tube de verre chauffé à la lampe, est complète dans un tube de porcelaine chauffé au coke et le produit est tout

à fait semblable à la tadjérite, à l'exception cependant de la dureté qui est un peu plus faible.

Si dans cette expérience on se sert du gaz d'éclairage, les fragments de serpentine transformée se recouvrent de noir de fumée. En reproduisant de la sorte la tadjérite au moyen de la serpentine, on suit la marche inverse de celle adoptée par la nature, car nous l'avons déjà dit, la serpentine est le produit de l'altération de masses identiques à certaines météorites telles que la chantonnite et l'aumalite sous l'influence des agents atmosphériques.

De ce que les météorites nous permettent de reconnaître dans les éléments qui les composent des relations stratigraphiques, des produits éruptifs et d'autres métamorphiques, il en résulte que les météorites sont des débris d'un astre aujourd'hui désagrégé. Ceci étant posé, nous pouvons, d'après le principe de l'unité des phénomènes, éclaircir pour la Terre une question importante sur laquelle les géologues ne sont pas d'accord. Quelques-uns, MM. Poisson, Hopkins, Fairbairn, Tyndall, Sterry Hunt, etc., pensent que la solidification de la Terre s'est faite du centre à la surface ; d'autres admettent l'hypothèse inverse, suivant laquelle notre globe est composé d'une croûte mince reposant sur un noyau liquide ou pâteux. Dans les astres les roches sont toujours rangées de la surface au centre dans l'ordre progressivement croissant de leur densité, et comme nous savons que dans la pierre de Deesa et d'autres, le fer empâte la pierre, tandis que la pierre éruptive (chantonnite) n'empâte jamais de fragments métalliques, nous concluons que le fer était encore liquide ou pâteux lorsque la pierre était solidifiée ; c'est-à-dire que les parties centrales ou denses (le fer) se sont modifiées plus tard que les parties

extérieures ou moins denses, et que la modification s'est propagée de la surface vers le centre. Par suite de l'*unité des phénomènes*, cette conclusion peut également s'appliquer au globe terrestre dans lequel la densité et le magnétisme nous portent à croire à l'existence d'un noyau métallique.

Les roches terrestres les plus denses (la lave) possèdent la même densité que les roches les moins denses de la série météorique, les enkrites, en sorte que nos roches auraient pu constituer l'enveloppe du globe d'où les météorites proviennent.

Tout en soutenant, comme on l'a fait depuis longtemps, que les aérolithes sont le résultat de la rupture d'un corps céleste, on n'a pas cherché à établir que cette rupture provint de l'exercice d'une loi déterminée. Admettant l'unité de constitution du système solaire et l'unité des phénomènes qui s'y passent, quelques réflexions sur la Terre, sur les globes qui l'entourent et sur les météorites, nous indiquerons l'origine de celles-ci. Puisque les météorites sont des débris, elles ne peuvent devoir leur origine qu'à des astres plus avancés dans l'évolution que ne le sont le globe terrestre ou même la Lune, et l'action dont elles sont le produit, c'est-à-dire une tendance à la rupture, est déjà reconnaissable sur les astres moins refroidis. A la surface de la Terre nous connaissons des fêlures ou failles qui sont le résultat d'une action générale liée à la diminution progressive de volume du noyau interne du globe au fur et à mesure du refroidissement; à la surface d'autres astres on a constaté des ruptures par lesquelles s'échappent des torrents de lumière. A l'époque actuelle les phénomènes qui résultent du refroidissement de la Terre se poursuivent dans

l'intérieur sans que la surface en éprouve autre chose que des mouvements qui, fort probablement, n'ont pas été anciennement aussi lents qu'ils le sont aujourd'hui. Ces velléités de rupture ne feront-elles pas place à une rupture véritable ? Déjà la Lune, astre plus avancé que la Terre en développement, présente deux particularités qui ne se trouvent pas sur notre globe : l'absence presque complète d'eau et d'atmosphère et la présence de rainures ou crevasses étroites, longues, de profondeur inconnue, qui traversent sans dévier les plaines et les montagnes. Dans le passé, lorsque la Lune possédait l'air et l'eau, on n'eût probablement trouvé aucune de ces rainures à sa surface. Cela n'indique-t-il pas ce qui aura lieu sur la Terre dans l'avenir. La croûte solide augmentant d'épaisseur sans cesse, l'eau de l'Océan s'infiltrera peu à peu. Cette eau est loin d'être en quantité suffisante pour hydrater une couche de roche égale au rayon terrestre, par conséquent l'eau aura disparu de la surface de la Terre longtemps avant que le refroidissement ait atteint le centre, et l'air, attiré par les vides internes qui se font dans les roches pendant leur cristallisation, suivra l'eau dans l'intérieur de la Terre. Ces phénomènes paraissent s'être passés dans la Lune et le travail qui y a ouvert les rainures continuant, et n'étant plus compensé, depuis la solidification complète, par l'arrivée des masses profondes à la surface, laissera des fentes béantes qui tendront à s'élargir de plus en plus, et deviendront comme les rainures de la Lune. Mais à côté de la Lune qui se fend, les météorites nous montrent les fragments d'un globe déjà brisé. Dès lors n'est-il pas évident que les crevasses de la Lune continuant à se prolonger finiront par la diviser en blocs distincts qui n'auront d'autres

liens que leurs mouvements simultanés. La communauté d'allure de ces grands fragments ne saura durer longtemps, parce qu'ils ne seront pas de même densité, qu'ils seront à des distances différentes du centre, etc., ils glisseront les uns sur les autres, se concasseront à leurs surfaces et s'éparpilleront le long de l'orbite de l'astre dont ils faisaient partie. Plus tard ils entoureront la Terre d'un anneau d'astres, et sensibles à son attraction ils se précipiteront à sa surface ; ce seront de véritables météorites.

D'après ces considérations, il est probable que les météorites actuelles sont le produit de la désagrégation d'un petit satellite de la Terre. La théorie que propose M. Meunier rattache donc le phénomène des météorites à une loi générale, elle nous montre dans l'origine de celles-ci le dernier terme d'une longue évolution des astres dont le Soleil, la Terre et la Lune offrent trois termes bien caractérisés.

SUR

LA DISPERSION ANORMALE

PAR

M. AUGUSTE KUNDT.

(Traduction [1].)

Dans ma communication « *sur la dispersion anormale des corps à couleur superficielle* [2], » j'ai montré qu'une certaine classe de corps jouit de la propriété de réfracter moins de la lumière qui possède dans l'air une plus petite longueur d'onde, que de la lumière d'une longueur d'onde plus grande. J'ai émis l'opinion que, suivant la plus grande probabilité, cette dispersion anormale appartient à tous les corps qui possèdent ce que l'on appelle une couleur superficielle, c'est-à-dire qui réfléchissent des rayons de certaines couleurs plus fortement que d'autres. Dans un appendice que j'ai ajouté à la reproduction de ma première communication, telle qu'elle a paru dans les *Annales de Poggendorff,* j'ai encore fait remarquer que les corps chez lesquels j'avais observé la dispersion anormale étaient tous probablement des corps dichroïques.

Ce qui suit contient l'exposition d'un certain nombre de faits nouveaux auxquels j'ai été conduit en continuant ces recherches; mais auparavant je ferai quelques remarques sur les procédés et méthodes employés pour l'observation de la dispersion anormale.

[1] *Comptes rendus de la Société de physique et de médecine de Wurzbourg,* nouvelle série, tome II.

[2] *Archives des Sciences physiques et natur.*, 1871, tome XL, p. 188.

Les conclusions de mes précédentes expériences ont été combattues par M. v. Lang [1], lequel croit pouvoir affirmer que la dispersion anormale ne provient pas de ce que les rayons rouges sont plus réfractés que les rayons bleus, mais de l'achromatisme, comme on le sait, imparfait de l'œil humain. Il pense que l'on ne voit la dispersion anormale avec des prismes très-aigus que lorsque l'œil est placé par rapport à l'arête qui produit la réfraction dans une position trop excentrique. La réponse à l'objection de M. v. Lang se trouve déjà dans ma première communication ; car il y est dit que l'on obtient également la dispersion anormale lorsque l'on place le prisme qui la produit, à la place du prisme du spectroscope, et que l'on fait par conséquent l'observation avec une lunette.

En dernier lieu, j'ai fait toutes mes observations sans exception avec une lunette, en employant la lumière du Soleil, et de cette façon j'ai pu soumettre les faits que j'observais à un examen beaucoup plus approfondi. Les prismes creux dont je me suis servi pour ces expériences, étaient deux prismes de 25° qui présentaient une arête assez vive et consistaient en plaques de verre soudées ensemble.

Un de ces prismes fut mis à la place du prisme d'un spectroscope. Je me suis servi de trois appareils spectroscopiques différents, un petit d'après le modèle de MM. Bunsen et Kirchhoff, un grand appareil spectral d'après M. Kirchhoff, disposé pour quatre prismes, et un grand spectroscope de Brunner à Paris. Les lunettes de ce dernier instrument présentaient un grossissement un peu plus faible que celles du grand appareil spectral pour

[1] *Comptes rendus de l'Acad. de Vienne*, séance du 27 avril.

quatre prismes, et elles donnaient une grande intensité lumineuse. Elles étaient donc mieux appropriées que les autres à ce genre d'observations. La lunette du petit spectroscope présentait un grossissement un peu faible pour des recherches précises.

Les résultats obtenus avec ces procédés d'expérimentation furent les suivants :

1. Toutes les substances que j'ai indiquées dans mon premier travail, donnèrent une dispersion anormale, y compris les corps que je n'avais pu employer précédemment que sous la forme de masses pâteuses, et qui présentaient également cette propriété sous la forme de dissolutions *claires et bien filtrées.*

Il ne faut pas en effet ne considérer comme dispersion anormale que le cas extrême où la lumière bleue est moins réfractée que la lumière rouge, mais envelopper d'une manière générale dans cette dénomination tous les cas dans lesquels un rayon d'une plus petite longueur d'onde est plus dévié qu'un rayon d'une longueur d'onde plus grande.

L'anomalie de la dispersion se trouva augmenter continuellement dans les dissolutions avec le degré de concentration. Avec des dissolutions qui n'étaient pas par trop concentrées, ce n'était pas seulement dans le voisinage immédiat de l'arête du prisme que les rayons solaires parvenaient à traverser; mais ils étaient transmis encore à une distance notable de cette arête. Or, dans ce dernier cas, l'on évitait toutes les circonstances exceptionnelles qui auraient pu tenir au voisinage de l'arête, telles que réflexions ou réfractions irrégulières, diffraction, etc., ainsi que ce qui aurait pu résulter d'inégalités dans le degré de concentration du liquide. L'arête elle-même pouvait

être dissimulée à l'aide d'un écran qui la dépassait de plusieurs millimètres.

2. Avec des liquides fortement concentrés et lorsque la lumière était transmise autant que possible très-près de l'arête, les spectres produits n'étaient pas aussi nettement tranchés à leurs extrémités que dans le cas d'une dispersion normale: mais ils s'épanouissaient aux deux bouts en une bande lumineuse plus ou moins étendue, qui demeurait visible sur une assez grande longueur en perdant de plus en plus de son éclat. Avec la cyanine, le bleu d'aniline, etc., et dans la partie la plus réfrangible surtout, dans laquelle elle était d'un vert intense, cette bande se prolongeait fort loin. Le spectre anormal a ainsi une très-grande extension.

3. Dans les spectres présentant une grande intensité lumineuse (lorsque la lumière a traversé près de l'arête du prisme), il arrive toujours que deux ou plusieurs couleurs tombent à la même place. L'on ne peut déjà, par cette seule cause, reconnaître que très-rarement dans ces spectres les lignes de Fraunhofer, et encore ce ne sont jamais que les plus marquées; mais l'on arrive facilement à les faire apparaître avec une grande netteté lorsque l'on observe le spectre à travers des milieux absorbants, par exemple, des verres colorés qui ne laissent passer que des couleurs déterminées. L'on peut aussi par ce procédé arriver facilement à déterminer dans quelle portion du spectre anormal il y a superposition de couleurs et quelles sont ces couleurs.

4. Par l'emploi de ces milieux absorbants on reconnaît de plus que dans les spectres anormaux certaines couleurs sont extraordinairement allongées, ainsi le rouge dans la fuchsine et la cyanine, le vert dans cette der-

nière substance, etc. Dans les portions ainsi dilatées, les lignes de Fraunhofer ne peuvent plus ordinairement se distinguer.

5. Au lieu de séparer les couleurs par des milieux absorbants, il vaudrait naturellement mieux employer de la lumière monochromatique et étudier la manière dont elle est réfractée. Les lignes que donnent les flammes colorées et les tubes de Geissler se trouvant être trop faibles pour ce genre d'observations, je fis tomber successivement, sur la fente du spectroscope, les différentes couleurs du spectre ordinaire et en observai la réfraction à travers la dissolution à déviation anormale. Du reste, cette méthode ne fut employée que pour constater une fois de plus dans un certain nombre de cas, ce fait qui résultait déjà de toutes les expériences antérieures, savoir que de la lumière de plus petite longueur d'onde est moins réfractée que de la lumière de longueur d'onde plus grande.

6. Enfin je ferai observer que l'on réussissait très-facilement à former sur un écran blanc une projection des spectres anormaux pouvant atteindre plusieurs pouces de longueur [1].

Après que je m'étais de la sorte convaincu de nouveau, par divers moyens, qu'aucune cause d'erreur, de quelque espèce que ce fût, n'influait sur le résultat de mes expériences, je pouvais entreprendre d'établir expéri-

[1] Après avoir terminé la rédaction de cet article, j'appris par le *Naturforscher*, n° 20, que les expériences sur la dispersion anormale avaient été répétées et pleinement confirmées par M. Soret de Genève, à l'aide d'une méthode qui tend à écarter l'influence du dissolvant. (Voyez *Archives*, tome XL, page 280. *Réd.*)

mentalement les lois principales de la dispersion anormale. Il fallait d'abord démontrer que l'indice de réfraction des rayons fortement réfléchis à la surface, est, comme je l'avais précédemment conjecturé, ou très-grand ou très-petit. Voici le point de vue auquel il convient de se placer pour étudier cette question : lorsqu'un corps quelconque, par exemple un cristal d'une couleur d'aniline, réfléchit fortement une certaine espèce de rayons, tels que les verts, ces rayons feront principalement défaut dans le spectre fourni par la lumière transmise; cette lumière, soumise à l'analyse spectrale, après son passage à travers cette substance, donnera à la place correspondant à ces radiations une bande obscure qui paraîtra être une bande d'absorption, et lorsque la couleur superficielle se compose de plusieurs espèces de radiations différentes, il y aura dans le spectre de la lumière transmise un nombre correspondant de parties obscures semblables à des bandes d'absorption. Mais lorsqu'on soumet à l'analyse prismatique la lumière qui traverse un corps à couleur superficielle, on trouve que l'obscurcissement relatif de certaines portions du spectre augmente très-rapidement avec l'épaisseur de la couche traversée. Or ceci s'applique aussi au cas où, au lieu d'opérer sur le corps lui-même, on opère sur sa dissolution, en admettant, comme je le ferai dans la suite, que cette dissolution a aussi une couleur superficielle, ainsi que cela se voit très-clairement avec les dissolutions concentrées des couleurs d'aniline, en admettant de plus que la couleur de la dissolution est la même que celle que l'on obtient en faisant sécher rapidement, et en une masse à peu près complétement amorphe, le corps jouissant de la propriété d'être dichroïque, lorsqu'il est sous la forme de cristaux définis. L'on

trouve, en d'autres termes, *que les corps présentent un coefficient d'absorption beaucoup plus notable pour les rayons qu'ils réfléchissent en de fortes proportions, et qui, par ce fait même, y pénètrent déjà avec une faible intensité que pour les autres.* Ainsi donc, lors même que la couche traversée par les rayons ne présente qu'une faible épaisseur, les indices de réfraction extrêmes ne pourront être déterminés que difficilement, par ce fait que les radiations auxquelles ces indices de réfraction correspondent sont absorbées dans de trop fortes proportions; mais l'on pourra bien s'attendre à ce que là où l'absorption commence, aux bords des bandes obscures, il se produise une augmentation ou une diminution très-rapide de l'indice de réfraction. Avec cela il se peut cependant aussi que des parties entières du spectre, séparées par des bandes d'absorption, présentent semblablement des indices de réfraction anormaux, de telle sorte que des séries complètes de radiations de longueurs d'onde plus petites soient moins déviées que d'autres de longueurs d'onde plus grandes.

Pour trouver la solution de cette question, j'ai suivi un procédé à la fois très-simple et très-sûr tout semblable à celui que Stokes avait déjà employé pour l'étude de la lumière excitée par la fluorescence.

Ce procédé est le suivant : Après avoir amené la fente du spectroscope à être horizontale, l'on place sur la plateforme de cet appareil un prisme (j'employais des prismes présentant un angle de 15° à 35°), le mieux est un prisme à vision directe dont on amène l'arête à être parallèle à la fente horizontale, et on dispose la lunette de manière à obtenir un spectre bien clair avec les lignes de Fraunhofer parfaitement nettes. Si après cela l'on place un

second prisme à arête verticale entre le prisme horizontal et l'objectif de la lunette, on obtient un spectre oblique dans lequel le rouge est le moins écarté de sa position primitive, le bleu au contraire le plus. Le spectre oblique peut être ou droit ou courbe, présentant sa convexité soit en haut soit en bas, suivant le rapport existant entre les pouvoirs dispersifs des deux prismes. Le mieux est sans doute d'employer à la place du premier prisme un réseau de diffraction, car alors la forme du spectre oblique indique tout de suite exactement le genre de dispersion que produit le second prisme. J'ai employé à plusieurs reprises dans mes expériences un réseau de diffraction, mais dans mes recherches préliminaires je me servais ordinairement d'un prisme, pour avoir une intensité lumineuse plus grande.

Si l'on met maintenant à la place du prisme vertical un prisme creux contenant une substance à dispersion anormale, le spectre oblique prend un aspect tout différent et très-particulier, présentant néanmoins un accord complet avec les explications qui précèdent. A partir des rayons de plus grandes longueurs d'onde qui devront se trouver en haut, on verra chez tous les corps à dispersion anormale, que nous avons mentionnés précédemment, et qui tous, sous une certaine épaisseur, absorbent le milieu du spectre, augmenter avec une rapidité considérable l'écartement subi par les rayons rouges, de telle sorte qu'avec des dissolutions concentrées, le rouge au-dessus de la bande d'absorption est étiré dans le spectre oblique en une longue raie presque horizontale. Au-dessous de la bande obscure, et cela lorsque l'absorption s'exerce surtout sur les radiations jaunes et une portion des radiations vertes, il se produit une longue raie verte, horizontale, tout à fait analogue,

qui part de la position d'écartement minimum, se dirigeant vers le bleu où l'écartement a repris à peu près sa valeur normale. Par là s'explique ce qui a été dit plus haut, au n° 2. En outre, avec des dissolutions concentrées des corps en question, la portion bleue tout entière est moins écartée de sa position première que la portion rouge. Si l'on prend des dissolutions moins concentrées, l'anomalie cesse en ce sens que le bleu paraît plus écarté que le rouge ; mais l'on voit que l'écartement de la portion rouge subit encore vers la bande d'absorption une forte augmentation, en même temps on voit le vert au-dessous de la bande d'absorption s'étaler considérablement du côté correspondant au plus faible écartement, de manière qu'une partie des rayons rouges se trouve toujours être plus fortement écartée qu'une portion des verts.

Ces expériences démontrent donc ce qui suit : *pour une série de corps qui réfléchissent dans de fortes proportions les rayons milieux du spectre, tout en ayant pour ces mêmes rayons un pouvoir d'absorption considérable, la réfraction subit une augmentation extraordinairement rapide lorsqu'on se rapproche de la bande d'absorption en venant de la portion qui correspond (dans l'air) aux plus grandes longueurs d'onde, tandis qu'elle subit au contraire une diminution extraordinairement rapide lorsqu'on arrive à cette même bande d'absorption venant de la portion des longueurs d'onde plus courtes (dans l'air).*

Parmi les corps indiqués précédemment, il s'en trouve deux qui sont connus pour donner, non pas seulement une bande d'absorption, mais plusieurs ; ce sont l'hypermanganate de potasse qui, sous forme de dissolution étendue, présente cinq raies dans le vert, et le carmin qui en donne deux. Je n'ai pas encore suffisamment étudié

les autres corps en question pour pouvoir assurer qu'il ne s'en trouve aucun parmi eux qui, à un degré de concentration suffisamment faible, arrive à présenter deux bandes d'absorption au lieu d'une. Avant d'aborder l'étude de la réfraction dans les corps présentant plusieurs bandes d'absorption, je veux commencer par indiquer quelles sont les substances chez lesquelles je suis arrivé, en suivant la méthode ci-dessus, à découvrir des traces plus ou moins considérables de dispersion anormale.

Il a été constaté des anomalies de dispersion, ne s'étendant souvent qu'aux radiations tout à fait voisines d'une bande d'absorption, avec les dissolutions de :

Rouge de Magdala;
Coralline ;
Alizarine (dans une dissolution de potasse) ;
Orselline;
Tournesol;
Iode (dans un mélange de chloroforme et de sulfure de carbone) ;
Bois bleu (Haimatoxylon campechianum, dissolution aqueuse et ammoniacale) ;
Bois rouge (dissolution ammoniacale);
Bois de santal (dissolution alcoolique et ammoniacale) ;
Racine d'Alcanna (dissolution ammoniacale);
Bois de Fernambouc (dissolution ammoniacale);
Sang (dissolution aqueuse rouge);
Hématine;
Chlorophylle.

Quelques-unes de ces dissolutions durent être prises au degré de concentration le plus fort qui se puisse obtenir.

Avec tous les milieux qui donnent plusieurs lignes d'absorption bien marquées et nettes, avec tous ceux, du moins, qui furent jusqu'ici soumis à l'expérience, on trouva à chacune de ces bandes une anomalie de dispersion du même genre que celle que nous avons décrite ci-dessus, c'est-à-dire que, partant de l'extrémité rouge, le coefficient d'absorption croît très-rapidement à l'approche de la bande d'absorption, pour redevenir sensiblement plus petit au delà. Je n'ai pu constater encore, sur aucun de ces corps, que l'indice de réfraction fût à la fois des deux côtés de la bande obscure très-grand ou très-petit, ou qu'il fût très-petit du côté rouge de la bande en étant grand de l'autre côté. De nouvelles et plus nombreuses expériences pourront seules décider ce qui en est réellement sur ce point. Pour les corps qui présentent un plus grand nombre de raies obscures au milieu du spectre, par exemple, pour l'hypermanganate de potasse et l'iode, je ne pus rien distinguer de bien net dans les différentes bandes lumineuses ; le spectre oblique présentait, il est vrai, dans ce cas, des dentelures qui néanmoins manquaient de netteté. Il faudra reprendre l'étude de ce sujet avec des moyens plus perfectionnés.

Jusqu'à présent je n'ai pu opérer que sur deux corps solides, savoir : le platinocyanure de magnésium et l'oxalate d'oxyde de chrôme et d'ammoniaque ; je reçus de M. Steeg, à Hombourg, deux prismes de ces substances, lesquels malheureusement, surtout celui du premier corps, ne présentaient pas une parfaite limpidité. Dans le cas du sel de chrôme, on observa, avec les deux rayons, de faibles traces d'anomalie dans la dispersion ; avec le sel de platine l'un des deux rayons donna une bande d'absorption très-marquée dans le milieu du spectre, tandis

que pour l'autre rayon, toute la partie verte et bleue, jusqu'au jaune, était absorbée; en conformité avec ce fait, l'on vit avec ce rayon l'indice de réfraction augmenter en de très-fortes proportions du rouge au vert; quant au premier, on ne put y constater qu'avec peine une très-faible anomalie de dispersion.

La dissolution du platinocyanure de magnésium est, comme on sait, presque blanche et ne présente point d'absorption, elle ne donna point non plus de dispersion anormale; la dissolution du sel de chrôme montra des traces d'anomalie. J'espère, lorsque j'aurai pu me procurer des cristaux plus parfaits de différentes substances, arriver à une solution pour ce qui tient à la dispersion anormale des corps solides; je crois cependant pouvoir conclure dès à présent de mes observations sur l'une des deux images spectrales fournies par le sel de platine, qu'il n'est pas absolument nécessaire qu'une substance soit dichroïque à l'état solide pour donner une dispersion anormale lorsqu'elle est à l'état de dissolution.

Quand même les expériences que j'ai faites jusqu'ici sur les anomalies de la dispersion sont très-loin d'être ni complètes ni suffisantes, et n'ont point épuisé le sujet, il ne me semble cependant pas tout à fait prématuré d'en déduire encore quelques conclusions à la suite de celles qui précèdent.

Dans ma première communication je partis d'une hypothèse concernant le rapport qui devait exister suivant moi entre la nature de la réfraction et la propriété de certains corps de posséder une couleur superficielle; comme l'expérience le montre, la couleur superficielle ou plus exactement un pouvoir réflecteur intense marche de paire avec un grand pouvoir d'absorption; l'on peut donc,

des données expérimentales que nous possédons jusqu'ici, conclure qu'il existe une dépendance mutuelle entre les trois propriétés suivantes, pouvoir réflecteur et absorbant intense et anomalie de réfraction. On peut admettre à peu près, sans le moindre doute, que toutes les substances qui ont été indiquées dans ce qui précède comme donnant une dispersion anormale, présentent à l'état solide la propriété de réfléchir d'une manière très-intense certaines espèces de radiations, c'est-à-dire qu'elles possèdent des couleurs superficielles. Mais il y a encore toute une série de milieux qui présentent bien des phénomènes d'absorption, mais ne possèdent pas de couleurs superficielles appréciables, ainsi les verres colorés, la plupart des sels colorés, etc. Peut-être ces corps, dont le pouvoir absorbant est somme toute beaucoup plus faible que celui des substances que nous avons étudiées, présentent-ils bien aussi un pouvoir réflecteur différent pour les différents rayons, et par conséquent des bandes d'absorption également accompagnées d'anomalies de réfraction, seulement cette propriété nous échappe encore, si tant est qu'ils la possèdent.

J'ai commencé à étudier une série de corps colorés chez lesquels on ne voit pas de couleur superficielle[1]. Un certain nombre d'entre eux qui jouissent de la propriété d'absorber la partie la plus réfrangible du spectre, ainsi la solution de sous-chlorure de fer, l'iode dans l'alcool, l'acide chromique que l'on peut amener à un degré de concentration assez élevé, montrent une *augmentation*

[1] Tout corps donnant une dispersion normale présente en réalité une couleur superficielle bleuâtre, puisque pour lui l'indice de réfraction va en augmentant vers le bleu ; notre œil ne distingue cependant point cette teinte du blanc.

très-frappante de l'indice de réfraction dans le passage du rouge au jaune.

Avec une autre classe de substances qui donnent des bandes d'absorption au milieu du spectre, savoir, les sels de cobalt et l'alun vert de chrôme très-concentrés, j'obtins un spectre qui présentait de faibles dentelures. Ces expériences demandent des prismes creux autres que ceux que j'ai employés jusqu'ici ; il ne me semble pourtant pas vraisemblable que l'on puisse réussir à établir d'une manière positive qu'il existe un rapport entre l'absorption et la réfraction, ou une modification de cette réfraction. Ce lien ne pourrait être, il est vrai, que fort général et fort lâche, attendu que l'on ne pourra probablement pas arriver à trouver une relation numérique entre ces deux grandeurs.

Würzbourg, 28 mai 1871.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

J. Becquerel père. De l'origine céleste de l'électricité atmosphérique. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, du 12 juin 1871).

C'est avec une bien vive satisfaction que nous avons vu reparaître dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences le nom de l'un des plus illustres vétérans de la science que compte l'Académie, celui de l'infatigable M. Becquerel, toujours plein d'ardeur et d'activité pour la science. Il vient de communiquer à l'Académie un travail sur l'origine de l'électricité atmosphérique dont le compte rendu du 12 juin renferme simplement un extrait.

Convaincu que les causes physiques, chimiques et physiologiques qui dégagent de l'électricité à la surface de la terre ne peuvent fournir les quantités énormes d'électricité répandues dans les espaces planétaires, il cherche si cette électricité n'aurait point une origine céleste.

Suivant M. Becquerel, les taches solaires qui ont quelquefois jusqu'à 16000 lieues d'étendue, paraissent être des cavités par lesquelles s'échappent de la photosphère, l'hydrogène et les diverses substances qui composent l'atmosphère solaire. Or l'hydrogène, qui ne paraît être ici que le résultat d'une décomposition, emporte avec lui de l'électricité positive qui se répand dans les espaces planétaires, puis dans l'atmosphère terrestre et même dans la terre, en diminuant toujours d'intensité, à cause de la mauvaise conductibilité des couches d'air de plus en plus denses, et de celle de la croûte superficielle de la terre. Celle-ci ne serait donc négative que parce qu'elle serait moins positive que l'air. La diffusion de l'électricité vers les espaces planétaires tiendrait à ce qu'elle

entraînerait avec elle de la matière, car elle ne peut se propager dans le vide. Quant à l'existence d'une matière gazeuse dans l'espace bien au delà de l'étendue que l'on assigne à l'atmosphère terrestre, elle serait prouvée par le fait des Aurores boréales qui sont dues à des décharges électriques produites dans des milieux où il existe encore des matières gazeuses, et dont la distance à la terre paraît aller jusqu'à 100 ou 200 kilomètres.

Telles sont, en résumé, les idées de M. Becquerel. Nous sommes parfaitement d'accord avec lui, que le Soleil joue un rôle prépondérant dans la production de l'électricité atmosphérique: nous avons énoncé à maintes reprises cette opinion en nous occupant des Aurores boréales. La concordance remarquable qui a été constatée entre la période des taches solaires et celle des Aurores polaires en est une preuve irrécusable. Mais quant à la nature même du rôle que joue le Soleil dans la production de l'électricité atmosphérique, nous reconnaissons qu'elle n'est pas facile à établir. Les idées de M. Becquerel, à cet égard, nous paraissent un peu difficiles à admettre. Que devient l'électricité négative du Soleil s'il émet constamment et uniquement de la positive? Si cette électricité positive émanée du Soleil au moyen de particules gazeuses qu'elle entraîne avec elle se répand dans tout l'espace planétaire, la proportion qui atteint l'atmosphère terrestre doit être bien faible et me paraît insuffisante pour expliquer tous les grands phénomènes électriques qui se passent dans les régions supérieures de cette atmosphère.

Je serais donc plutôt disposé à croire que la source de l'électricité atmosphérique est dans le globe terrestre lui-même qui se charge d'électricité négative pendant que la positive se répand dans son atmosphère avec les vapeurs aqueuses qui s'élèvent constamment des mers tropicales. Le rôle du Soleil consisterait bien plutôt dans une action indirecte, c'est-à-dire que l'électricité positive, au lieu d'émaner

de la surface solaire elle-même. proviendrait d'une action exercée par le Soleil ou par ses rayons sur le globe terrestre. Cette action varierait d'intensité avec l'état de la surface du Soleil, étant d'autant plus prononcée que cette surface présente plus de taches. Quant à la nature même de cette action, il est encore difficile de l'établir d'une manière certaine. S'exerce-telle sur l'atmosphère ou sur la surface du globe terrestre ? Consiste-t-elle dans une évaporation plus ou moins rapide des eaux de mer ? Et, dans ces diverses hypothèses, quelle est l'influence des taches solaires ? Leur présence faciliterait-elle l'évaporation, la chaleur obscure étant plus facilement absorbable par l'eau de mer que la chaleur lumineuse ? Voilà autant de questions, et il y en a bien d'autres dont la solution serait nécessaire pour résoudre le phénomène.

Quoi qu'il en soit, il me semble difficile de chercher l'origine de l'électricité atmosphérique ailleurs que dans le globe terrestre lui-même, et de ne pas admettre en même temps l'influence du Soleil sur la production de cette électricité. Pourquoi le phénomène des Aurores boréales, si l'électricité qui les produit provenait directement du Soleil, serait-il un phénomène atmosphérique, comme le prouvent, malgré les hauteurs auxquelles on estime (peut-être d'une manière erronée) qu'il se passe quelquefois, tous les effets qui l'accompagnent, et en particulier le fait qu'il participe au mouvement de la terre, ce qui n'aurait pas lieu si c'était un phénomène cosmique.

J'emprunte en terminant, à la communication de M. Becquerel, une observation récente qui confirme toujours plus l'origine électrique, et je dirai terrestre, de l'Aurore boréale.

On a souvent rapporté le récit de voyageurs qui, en traversant les montagnes de la Norwége, ayant été enveloppés par une Aurore boréale, ont senti une forte odeur de soufre qu'on ne pouvait attribuer qu'à la présence de l'ozone. Or de pareils faits viennent d'être constatés d'une manière re-

marquable par M. Paul Rollier, l'intrépide aéronaute chargé d'une mission importante, qui, parti en décembre dernier, pendant le siége, est descendu quatorze heures après en Norwége, sur le mont Lide à 1300 mètres de hauteur, couvert de neige, au milieu des plus grands périls qu'il a surmontés avec une rare intelligence. Voici ce qui est rapporté dans la relation de son voyage par M. Emile Cartaillac :

« A travers un brouillard plus rare, il put voir s'agiter les brillants rayons d'une Aurore boréale qui répandait partout des étranges lumières. Bientôt un son étrange, un mugissement incompréhensible se fait entendre. Le bruit cesse complétement ; il s'élève alors une odeur de soufre des plus prononcées, presque asphyxiante. »

D'après ces observations, ajoute M. Becquerel, d'un homme qui n'était point préoccupé de questions scientifiques et qui confirment les témoignages des habitants des régions polaires et des voyageurs en Norwége, on ne saurait donc élever aucun doute sur leur véracité.

Le bruissement, c'est-à-dire le bruit de crépitation qui accompagne, ainsi que l'odeur d'ozone, l'apparition de l'Aurore boréale dans les lieux mêmes où elle se produit, ou dans ceux qui en sont voisins, sont donc des faits bien constatés. Ils ont été depuis longtemps signalés par des observateurs très-dignes de foi, et si leur existence a été quelquefois contestée, cela tient probablement à ce que pour percevoir ce bruit et cette odeur, il faut être très-rapproché du lieu même où se produit le phénomène, se trouver dans des conditions favorables, en particulier par l'absence de vent ou de tout bruit étranger ; circonstances rares, et dans lesquelles les observateurs ne se trouvent qu'exceptionnellement. Mais un petit nombre d'observations bien faites, donnant un résultat positif, sont dans ce cas bien plus concluantes qu'un grand nombre d'observations faites dans des circonstances moins favorables et donnant un résultat négatif. A. D. L. R.

DENZA, directeur de l'Observatoire de Moncalieri. OBSERVATIONS D'AURORES BORÉALES PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1871.

Aurore boréale du 9 avril, vue en Italie.

La fréquence des Aurores polaires a été, cette année, tout à fait extraordinaire pour ces contrées. Plusieurs de ces météores ont été observés en Italie pendant les mois de janvier, février et mars; mais c'est dans le mois d'avril que ce phénomène a atteint son maximum d'intensité et de fréquence. Ce sont les aurores de ce mois que nous allons décrire dans cet article.

Une nouvelle et éclatante aurore boréale a été observée à Moncalieri, Turin, Padoue, Trente, Alexandrie, Volpeglino, près de Tortone, à Plaisance, Gênes, Pérouse le soir du 9 et du 10 avril. Je crois qu'on l'a vue même en d'autres lieux.

Dès le soir du 8, la région céleste du nord était éclairée par une lumière blanchâtre, plutôt vive, qui, s'élevant au-dessus de 30° sur l'horizon, paraissait annoncer l'arrivée d'une aurore polaire. Le matin du 9 le ciel, chez nous, était couvert de cirrus et de nuages *filiformes*; depuis midi et demi jusqu'à une heure et dix minutes nous avons observé dans cette station un halo solaire qui était très-beau. Il avait un diamètre d'environ 35° et il fut admirable par la variété des couleurs dont il était orné: au commencement il était blanchâtre, puis il devint rouge à la fin; il se montra marqueté des différentes couleurs de l'arc-en-ciel. De son côté sud-est partaient de nombreux rayons de nuages blancs et *filiformes* qui formaient une aurore très-belle, environnant le halo de ce côté,

Plus tard, vers les 5 $^1/_2$ heures après midi, un orage accompagné d'éclairs, de tonnerres et de pluie traversa notre station, pendant que le baromètre était continuellement en baisse et que le déclinomètre, à trois heures après midi, tournait plus qu'à l'ordinaire vers l'est.

Toutes ces circonstances me firent soupçonner la présence d'une aurore polaire pour le soir du 9 : le fait confirma mes prévisions. En effet, le même soir, peu de temps après le coucher du soleil, à Volpeglino, l'on aperçut vers le nord du ciel une lumière diffuse et tremblante d'une couleur blanche azurée qui était contenue dans un espace de 40° de largeur et 30° de hauteur. Vers les huit heures on eût dit que tout était terminé, mais peu de temps après le phénomène se montra de nouveau avec plus de vivacité qu'auparavant: ce fut alors qu'il commença à se manifester à Alexandrie où, comme chez nous, le ciel avait été jusqu'à ce moment-là couvert de nuages.

A Moncalieri, à cause de la position défavorable de notre station du côté du nord, à 9 heures du soir on ne voyait encore rien; quelques minutes après, comme à Volpeglino, une lumière, d'une couleur rouge pâle, commença à paraître, elle couvrait toute la constellation de Cassiopée qui, à cette heure, était peu élevée sur l'horizon, et vers le nord-ouest du méridien astronomique. A Volpeglino et à Alexandrie on vit des longues lignes lumineuses s'élever au-dessus de la lumière aurorale et quelques-unes jusqu'à 45°. A Moncalieri on n'a rien pu remarquer de tout cela, peut-être parce que l'horizon était encore un peu troublé.

Cependant l'apparition ne se montra dans toute sa splendeur qu'après 11 heures, c'est-à-dire lorsque le météore, après s'être presque entièrement évanoui, reparut peu à peu toujours plus brillant, atteignant son maximum vers onze heures et demie. La lumière devint alors à Moncalieri, ainsi qu'à Alexandrie et Plaisance d'une couleur rouge très-vif, de manière que plusieurs personnes, selon les relations que nous venons de recevoir, en furent averties par la lumière extraordinaire qui éclaira leurs chambres exposées au nord.

Comme nous l'avons observé, l'aurore occupait toute la région céleste comprise entre Persée et Cassiopée, s'étendant depuis 60° à 300° d'ascension. Cependant nous ne pûmes voir

l'extension de sa base parce que la colline nous en empêchait la vue. La zone plus lumineuse s'était dirigée en Persée et de son sommet touchait la région comprise entre η, γ τ de la même constellation, à peu près dans le méridien magnétique. A minuit le phénomène était déjà assez affaibli, et à une heure après minuit on ne voyait presque plus rien. Dans la matinée du 10, le déclinomètre continua à être agité et à midi nous comptâmes 97 taches dans le soleil, tandis que le 9 nous n'en n'avions pu compter que 63.

Aurore boréale du 18 avril.

Le 18 avril on a observé dans plusieurs stations italiennes une deuxième aurore, ayant le même éclat que la précédente et qui, peut-être, était encore plus étendue. Au nord, elle a été observée à Lodi, Moncalieri, Alexandrie, Volpeglino près de Tortone et à Bra. Dans le centre elle a été observée à Urbino, St-Jean en Perjiceto, Florence, Empoli, Roccastrada, au sud elle n'a été observée qu'à Palerme,

Le météore commença à paraître le matin, il se montra depuis 1 heure et 10 minutes jusqu'à 2 heures et 45 minutes à Volpeglino, mais au commencement du jour il acquit un éclat inusité.

L'apparition eut deux phases de la plus grande intensité.

La première phase se montra vers 9 heures, temps moyen local; on observait l'arc auroral accoutumé, avec des zones rougeâtres et brillantes qui se jetaient au commencement dans la constellation de Cassiopée, et plus tard, vers 9 heures et 15 minutes elles s'étendaient même à celle de Persée d'un côté et de Cépée de l'autre,

Ces zones ou panaches étaient même plus brillantes que l'arc.

A 9 heures et demie l'aurore s'était évanouie, mais on voyait toujours une lumière blanchâtre sur la région septentrionale.

La deuxième phase eut son commencement à 9 heures et 58 minutes, pendant qu'à Pérouse apparut une lumière pâle qui devenait toujours plus vive au méridien magnétique.

Vers 10 heures du soir l'aurore devint encore plus brillante qu'auparavant. Des zones, en faisceaux de lumière rougeâtre, s'élevèrent de nouveau sur l'horizon, interrompues par d'autres jaunâtres et blanchâtres et d'autres obscures entre Cépée et Cassiopée. A Pérouse ces lignes lumineuses se succédaient les unes les autres et elles se dirigeaient sur un arc de lumière rouge qui s'élevait jusqu'à 45° de hauteur. La base de ce météore était à Alexandrie de 80° à peu près. A 10 heures et demie tout était terminé, il ne restait qu'une teinte blanchâtre sur l'horizon sur une étendue d'environ 115°.

A 11 heures et demie la région céleste septentrionale, à Volpeglino, n'avait pas encore repris sa couleur naturelle, mais le phénomène était partout terminé.

Aurore boréale du 23 avril.

On dirait que les phénomènes *auroraux* ont été continuels dans les jours qui suivirent l'aurore du 18, parce qu'à Moncalieri, ainsi qu'à Palerme, de ce soir (18) jusqu'au 23 on a remarqué vers le nord et le nord-ouest une teinte rougeâtre et tout à fait insolite. Elle faisait un brillant contraste avec la lumière zodiacale qui, d'un moment à l'autre, se montrait très-resplendissante.

Mais le soir du 23 elle acquit, en peu d'instants, une intensité beaucoup plus grande, et quoique elle n'eût que peu de durée, néanmoins elle put être observée dans plusieurs endroits du Piémont, à Turin, Moncaliero, Bra et Alexandrie et à Volpeglino en Lombardie ; elle fut observée à Lodi ; elle le fut aussi en Sicile, à Palerme.

A 8 heures et 15 minutes, à Volpeglino, la plage céleste du nord commença à se montrer teinte d'une couleur rouge jusqu'à 25° sur l'horizon et dirigée en petites colonnes de lumière douées d'un mouvement d'oscillation.

A 9 heures et 15 minutes lorsque tout paraissait terminé, le météore devint beaucoup plus resplendissant ; ce fut alors qu'on le vit dans les endroits que nous venons de nommer. Le maximum de l'apparition arriva partout presque soudainement entre 9 heures et 9 et 15 minutes, temps moyen de Turin et il ne dura que 5 ou 6 minutes.

Dans quelques endroits, comme à Turin, Moncalieri, Alexandrie, Bra, on n'a vu qu'une colonne rouge de lumière uniforme, assez resplendissante, qui s'éleva sur l'horizon de 35° entre Cépée et Cassiopée. A Lodi et Volpeglino on a remarqué les faisceaux de lumière accoutumés. Ceux-ci étaient d'une couleur jaune orangée à Volpeglino, rouge à Lodi où l'on en vit deux très-distincts, un très-resplendissant entre Cépée et Cassiopée, l'autre moins brillant entre Cassiopée et Persée. Avant et après cette apparition la région nord du ciel était couverte d'une lumière rouge blanchâtre qui, à Moncalieri, s'étendait à 90° entre le Cocher et la Lyre. A 10 heures et 17 minutes le phénomène était partout terminé.

Les aurores que nous venons de décrire furent accompagnées comme de coutume par des phénomènes météorologiques et cosmiques. Les soirs où ces phénomènes se montrèrent, les magnétomètres furent agités dans toute la péninsule. Ce mouvement se termina par une agitation très-forte qui continua dans toute la journée du 24. En effet, à Moncalieri, on a remarqué des jets de lumière rouge au commencement du soir de ce jour. Pendant ces jours les taches solaires furent nombreuses à Rome, à Palerme, ainsi qu'à Moncalieri; mais le plus grand nombre fut observé le jour des aurores.

Je terminerai en disant que la fréquence inusitée des phénomènes auroraux à des latitudes basses n'a pas lieu seulement dans notre contrée, parce que, comme M. Heis de Münster me l'a fait observer, même à Athènes, l'infatigable astronome M. Jules Schmidt en observe assez souvent. Je crois que la même chose arriverait même ailleurs s'il y avait partout des observateurs diligents et patients.

Avant de finir, il faut mentionner que pendant le mois de juin nous avons vu quatre autres apparitions de lumière aurorale dans les nuits du 17 et du 12, et les nuits du 18 et du 27. La plus brillante a été celle du 18, qui a été vue de Moncalieri jusqu'à Urbin, de 2 à 3 heures du matin; elle a été accompagnée par une perturbation magnétique très-intense.

Observatoire de Moncalieri, 11 juillet 1871.

CHIMIE.

Ch. Schloesing. Sur la précipitation des limons par des solutions salines très-étendues. (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 4me série, tome XIII, p. 107.)

Durant le cours de mes expériences sur le déplacement des liquides contenus dans une terre [1], au moyen d'une pluie artificielle d'eau distillée, j'ai observé souvent que la solution recueillie, toujours limpide pendant une première période de l'opération, finissait par passer trouble, et se chargeait graduellement de matières limoneuses, à mesure qu'elle s'affaiblissait par son mélange avec l'eau de lavage. Au contraire, quand je faisais circuler constamment à travers la même terre un courant d'air contenant quelques centièmes d'acide carbonique, j'obtenais jusqu'à la fin des liquides parfaitement clairs. Comme l'acide carbonique avait pour principal effet d'entretenir un certain taux de bicarbonates terreux en dissolution, j'ai pensé que la limpidité de mes eaux pourrait bien avoir quelque rapport avec la présence de ces sels, et j'ai été ainsi conduit à expérimenter l'action des diverses substances salines sur les parties limoneuses des terres arables. Cette recherche m'a fourni quelques observations qui me semblent dignes d'être publiées.

Je dépouille une terre arable, placée sur un filtre, de ses sels solubles; je la délaye ensuite dans de l'eau distillée;

[1] *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 4me série, tome XI, p. 461.

après dépôt du sable, je décante le liquide, qui tient en suspension ce qu'on appelle de l'*argile*, et j'abandonne au repos; un nouveau dépôt se forme, mais l'eau demeure trouble pendant un temps très-prolongé : j'ai du limon ainsi suspendu dans l'eau pure depuis un mois. L'intensité du trouble dépend naturellement de la nature plus ou moins argileuse de la terre. Après avoir ainsi constaté la persistance du trouble, je verse dans le liquide une très-petite quantité d'un sel calcaire ou magnésien, et j'agite : le limon s'agrége en flocons, semble se coaguler et tombe au fond du vase ; le liquide s'éclaircit immédiatement, et s'éclaircira bientôt tout à fait. Le temps nécessaire pour la formation du dépôt et l'éclaircissement complet de l'eau varie avec la dose et la nature du sel ajouté; quelques chiffres fixeront les idées à cet égard.

De l'argile plastique grise, purifiée de corps étrangers par lévigation, est précipitée immédiatement par $\frac{1}{1000}$ de chlorure de calcium pour 1 de liquide; $\frac{2}{10000}$ la précipitent en quelques minutes. La dose diminuant jusqu'à $\frac{1}{50000}$, le temps nécessaire pour la clarification croît jusqu'à deux et trois jours.

Le nitrate, le sulfate, le bicarbonate calcaire, la chaux caustique m'ont paru agir comme le chlorure. Les sels de magnésie ont presque autant d'action que les précédents. Les sels de potasse exigent des doses environ cinq fois plus fortes que celles des sels calcaires pour produire les mêmes effets ; les sels de soude sont encore moins actifs.

Tous les limons de terre arables que j'ai expérimentés m'ont donné des résultats comparables à ceux que l'argile a fournis. Quelques dix-millièmes de sels calcaires les précipitent rapidement ; quelques cent-millièmes clarifient les eaux au bout de vingt-quatre ou quarante-huit heures; ainsi un litre d'eau de Seine, souillée de limon de terre arable ou d'argile plastique, devient limpide tantôt après un jour, tantôt après deux ; elle contient actuellement 89 milligrammes de chaux par litre.

La précipitation dépend surtout de la dose de sel, et semble indépendante de la quantité de limon; qu'il y ait peu ou beaucoup de celui-ci, les données précédentes varient peu; j'ai même cru remarquer que la limpidité est plus parfaite quand le limon atteint une certaine proportion.

Les limons coagulés se laissent aisément filtrer, tandis que, suspendus dans l'eau pure, ils engorgent les filtres et les rendent étanches.

Débarrassés par le filtre du sel précipitant, ils rentrent en suspension dans l'eau pure, et peuvent en être précipités de nouveau; j'ai alterné plusieurs fois les deux opérations sans modification apparente dans les résultats.

De ces faits découlent quelques conséquences qui intéressent l'étude des terres arables.

Les eaux qui filtrent à travers un sol sortent limpides, tant qu'elles renferment de petites doses de chaux ou de magnésie: le limon est et demeure coagulé; mais il se délaye et se met en suspension dans l'eau pure ou trop pauvre en sels calcaires ou magnésiens: c'est pourquoi les eaux de drainage sont claires; mais les flasques d'eau de pluie qui séjournent sur les champs demeurent longtemps troubles. Il est évident, d'après cela, que les sels de la terre tendent à maintenir l'ameublement des sols, en s'opposant au délayage de l'argile. J'ai, du reste, des expériences qui le prouvent: une terre de Neauphle-le-Château, émiettée dans mon appareil à déplacement, et par conséquent dans un état presque parfait d'ameublissement, tombe en pâte à mesure que l'eau distillée la pénètre, pendant qu'elle conserve l'état meuble dans les parties inférieures tout aussi imbibées que les autres, mais d'où les sels n'ont pas encore été éliminés. La terre de mon champ d'expériences de Boulogne présente, à un degré moindre, les mêmes effets; mais je puis la laver indéfiniment avec une solution contenant 1 dix-millième de chlorure calcique sans altérer la forme ou la disposition de ses particules.

Il est encore évident que, sans les sels de la terre, l'argile,

délayée par la pluie, tendrait à descendre avec elle, pour être entraînée définitivement, ou former à une certaine profondeur une couche imperméable,

Je fixerai maintenant l'attention, pendant un instant, sur l'analyse mécanique des sols: cette opération est restée bien incomplète quant à ses résultats, malgré le perfectionnement des appareils, et l'on continue à désigner sous le nom vague d'*argile* des mélanges indéterminés de sable et d'argile proprement dite. Ces deux éléments, en effet, ne sont guère séparables par l'eau ordinaire, qui est presque toujours assez calcaire pour les précipiter pêle-mêle. L'emploi exclusif de l'eau distillée, que je ne trouve nulle part recommandée, comporte des repos prolongés pendant lesquels les sables ont le temps de se séparer; c'est ainsi que des produits de lévigation qu'on aurait appelés des *argiles* m'ont donné plus des trois quarts de leur poids de sable très-fin, ne prenant pas sensiblement corps par la dessication. Je suis certain qu'on sera étonné de la diminution du taux d'argile réelle dans les terres les plus fortes, quand on substituera l'eau distillée à l'eau commune dans l'analyse des sols par lévigation.

Je ne voudrais pas m'exposer au reproche de tirer de trop grandes conséquences d'une simple observation. Cependant les limons sont mêlés à tant d'importantes questions, qu'on me pardonnera les remarques par lesquelles je terminerai cette note.

Je n'ai pas encore pu expérimenter sur les limons charriés par les cours d'eau, mais leur origine me permet de les assimiler à ceux des terres arables. Partant de là, si je considère les limons des fleuves à la fin de leur course, je leur trouve dans l'eau de mer un précipitant très-actif, qui doit hâter leur dépôt aux embouchures. On peut attribuer à la même cause la rapidité avec laquelle la mer se dépouille des vases soulevées par l'agitation des flots.

Les riverains des cours d'eau qui pratiquent le colmatage ont intérêt à accélérer la formation des dépôts; dans certains

cas, ils pourront mettre à profit mes observations, en mêlant à leurs eaux les éléments calcaire ou magnésien empruntés soit à des eaux de sources, soit à des résidus industriels à bas prix.

Les industriels sont souvent gênés par les limons ; je crois qu'en bien des circonstances ils pourront s'en débarrasser, sans nuire à leurs opérations, par l'un des précipitants que j'ai indiqués.

Certaines eaux potables empruntées aux rivières demeurent troubles, malgré leur séjour dans de vastes bassins; telles sont les eaux de la Durance qui alimentent Marseille. L'apparition des limons coïncidant avec les crues, c'est-à-dire avec des apports considérables d'eaux qui n'ont pas pénétré dans le sol et qui ne s'y sont pas chargées de sels, il se trouve que les précipitants font défaut précisément au moment où ils seraient le plus nécessaires. Je crois pouvoir assurer qu'en pareils cas un complément de l'élément calcaire soluble, donné sous les formes de sulfate et de chlorure, et calculé de manière à restituer aux eaux un titre normal, leur rendrait la faculté de déposer leurs limons. L'opération serait très-simple, puisqu'elle se réduirait à introduire les sels dans les canaux, à quelque distance en amont des bassins. Elle serait de plus peu coûteuse : 1 kilogramme de sel calcaire suffirait pour clarifier de 20 à 50 mètres cubes; il en faudrait d'autant moins que le cube des bassins permettrait un plus long repos. Une autre solution de la question, plus simple encore, consisterait à dériver dans le canal d'arrivée des eaux suffisamment calcaires, empruntées à quelque source convenablement choisie.

A. Ditte. Chaleur de combustion du magnésium et du zinc. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 19 juin 1871, page 762.)

Je me suis proposé dans ce travail d'étudier les phénomènes calorifiques qui accompagnent la combinaison du ma-

gnésium, du cadmium, de l'indium et du zinc avec l'oxygène, et de comparer les quantités de chaleur mesurées avec les propriétés physiques et chimiques de ces métaux. Je donnerai aujourd'hui les résultats relatifs au magnésium et au zinc.

I. — *Chaleur de combustion du magnésium.*

Première méthode. — Elle consiste dans la mesure des quantités de chaleur qui deviennent sensibles lorsque des poids équivalents de magnésium et de magnésie se dissolvent dans une même liqueur. La différence des deux nombres que l'on obtient permet de calculer le résultat cherché.

On place dans l'un des moufles du calorimètre à mercure de MM. Favre et Silbermann une quantité connue d'une dissolution titrée d'acide sulfurique, et l'on y dissout un poids déterminé de magnésium pur. J'ai dit ailleurs [1] comment l'opération doit être conduite, et comment l'expression

$$Q = \left[N' - N - \frac{m \pm m'}{2} (T' - T) \right] a$$

représente le nombre de calories qui correspondent à la dissolution du métal.

Or, au contact de l'acide sulfurique étendu, tout se passe comme si 1 équivalent de magnésium décomposait 1 équivalent d'eau pour se transformer en sulfate de magnésie. Pour se séparer en ses éléments, cette eau, d'après les déterminations de M. Favre, exige 34462 calories, qui, dès lors, ne sont pas sensibles au calorimètre; de plus, l'hydrogène mis en liberté se sature de vapeur d'eau qu'il entraîne avec lui, et dont la volatilisation emprunte au calorimètre une certaine quantité de chaleur. J'ai tenu compte dans mes calculs de tous ces éléments.

Les expériences ont été faites en dissolvant, $0^{gr},200$ de ma-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, séance du 25 avril 1870.

gnésium, tantôt en limaille, tantôt en fragments, dans 50 centimètres cubes d'une dissolution contenant par litre $262^{gr},7$ d'acide sulfurique monohydraté : elles ont conduit aux résultats qui suivent :

Chaleur observée Q	par gramme .	$4640^{cal},4$
	par équivalent.	55685
Température du calorimètre . . .	$t = 18°,5$	
Hauteur du baromètre à zéro. . .	$H = 750^{mm}$	
Tension maxima de la vapeur d'eau à $t°$.	$h = 15^{mm},8$ (M. Regnault.)	
Chaleur latente de vaporisation de l'eau à $t°$ ($\lambda = 606,5 + 0,0305t$)	$\lambda = 612,6$	
Poids de la vapeur d'eau entraînée	$P = 1^{gr},231$	
Chaleur de volatilisation de cette eau	$q = 754^{cal},1$	

ce qui fait, pour la quantité de chaleur Q qui accompagne la dissolution de 1 équivalent de magnésium,

$$Q = 55685^{cal}\,(Q) + 34462^{cal} + 754^{cal}\,(q) = 90901.$$

Or Q correspond non-seulement à l'oxydation du magnésium, mais encore à la formation du sulfate de magnésie, à la dissolution de ce sulfate, etc. Si l'on recommence la même opération avec de la magnésie pure, l'on obtiendra un autre nombre Q_1 correspondant à des réactions identiques, sauf une seule, l'oxydation du métal, de telle sorte que la différence $Q - Q_1$ représente précisément la chaleur de combustion du magnésium.

Lorsqu'on dissout dans 50 centimètres cubes de la liqueur acide $0^{gr},333$ de magnésie obtenue en maintenant, pendant plusieurs heures, à 350 degrés, du nitrate de magnésie pur [1], le calorimètre s'échauffe de $278^{cal},16$, ce qui fait par équiva-

[1] J'indiquerai, dans un prochain mémoire la raison pour laquelle je dois insister avec soin sur la température maxima à laquelle a été portée la magnésie employée.

lent $Q_1 = 16690^{cal}$. En retranchant ce nombre de Q, l'on trouve, pour la chaleur de combustion du magnésium dans l'oxygène,

Par gramme. . . . . 6187^{cal}
Par équivalent. . . . 74246

Deuxième méthode. — En parlant des propriétés de l'acide iodique, j'ai fait remarquer l'action très-vive qu'il exerce sur le magnésium en donnant de l'iodate de magnésie, pendant que de l'iode est mis en liberté [1]. Cette réaction très-simple permet de déterminer avec facilité la chaleur de combustion du métal.

On opère absolument comme au cas précédent, mais en se servant d'une dissolution d'acide iodique, et l'on trouve, d'une manière toute semblable, une valeur de Q. D'ailleurs 1 équivalent de magnésium, en passant à l'état d'iodate de magnésie, décompose le poids d'acide iodique nécessaire pour l'oxyder, c'est-à-dire $\frac{1}{5}$ d'équivalent, et celui-ci pour se séparer en ses éléments, exige, comme je l'ai fait voir [2], 2792 calories. Par suite, la chaleur Q qui accompagne la dissolution du métal se compose de deux termes, et l'on a

$$Q = \mathrm{Q} + 2792^{cal}.$$

Les expériences faites en dissolvant 0,194 de magnésium distillé dans 30 centimètres cubes d'une dissolution contenant 50 grammes d'acide iodique monohydraté pour 150 d'eau, ont donné pour Q les résultats suivants [3].

[1] Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris, p. 25. Paris, Gauthier-Villars, juin 1870.

[2] *Comptes rendus*, séance du 25 avril 1870.

[3] L'acide iodique décomposé, en passant de l'état dissous à l'état anhydre, emprunte ou cède au calorimètre une certaine quantité de chaleur dont il y aurait à tenir compte. Dans les expériences qui précèdent $0^{gr},200$ de magnésium décomposent $0^{gr},550$ d'acide iodique anhydre; leur dissolution dans 30 centimèt. cubes de la liqueur employée ne s'accompagne d'aucun phénomène calorifique appréciable.

	I.	II.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Pour 0,194	1375,5	1374,8	1375,1
Ce qui fait par gramme .	7090,3	7050,4	7070,3
» par équivalent	85044	84606	84825

Mais ici encore, la quantité Q ne correspond pas à l'oxydation seule du métal, puisque l'on obtient de l'iodate de magnésie dissous ; il est nécessaire de recommencer l'opération avec de la magnésie pure pour prendre ensuite la différence des deux résultats. Or, si l'on opère exactement de même, on trouve que $0^{gr},330$ de magnésie préparée à 350 degrés communiquent au calorimètre, en se dissolvant dans 30 centimètres cubes de la liqueur acide, $245^{cal},49$, ce qui fait par gramme $736^{cal},3$, et par l'équivalent 14727 calories. En retranchant ce nombre de Q, on a, pour la chaleur de combustion du magnésium,

	I.	II.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Par gramme	6092,4	6055,5	6073,9
Par équivalent	73109	72671	72890

ce résultat comparé à celui de la première méthode donne :

	1re méthode.	2me méthode.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Par gramme	6187	6074	6130,5
Par équivalent . . .	74246	72890	73568

Or le premier nombre est obtenu au moyen de la chaleur de formation de l'eau, constante déterminée avec une très-grande exactitude et par de très-nombreuses expériences, tandis que le second se calcule par la chaleur de combustion de l'iode. La différence qui existe entre eux ne s'élevant qu'à un soixantième de leur valeur, il me sera permis dans la suite de m'appuyer sur le résultat relatif à l'iode, lorsqu'il ne sera pas possible d'employer celui qui se rapporte à l'eau.

II. — *Chaleur de combustion du zinc.*

Je l'ai déterminée, comme celle du magnésium, en dissolvant $0^{g},400$ de zinc pur dans 50 centimètres cubes d'une liqueur renfermant par litre $382^{gr},5$ d'acide sulfurique monohydraté; les mêmes corrections que pour le magnésium ont été faites; les résultats obtenus sont les suivants :

	I.	II.	Moyenne.
	cal	cal	cal
Chaleur observée par gramme. . .	572,8	582,7	577,7
» par équivalent. .	18204	19231	19067
Température du calorimètre. . . .	$t = 18°,4$		
Hauteur du baromètre à 0°.	$H = 749^{mm},8$		
Tension maxima de la vapeur d'eau à $t°$.	$h = 15^{mm},8$(M.Regnault.)		
Chaleur latente de vaporisation de l'eau à $t°$.	$\lambda = 612,6$		
Poids de la vapeur d'eau entraînée	$P = 1^{gr},230$		
Chaleur de vaporisation de cette eau.	$q = 754^{cal},0$		

ce qui donne, pour la chaleur qui accompagne la dissolution de 1 équivalent de zinc,

	I.	II.	Moyenne.
$Q =$	53891^{cal}	54204^{cal}	54047^{cal}

D'autre part en dissolvant dans la même liqueur de l'oxyde de zinc pur, provenant de la calcination du nitrate au rouge sombre, l'on observe un échauffement du calorimètre qui est :

	I.	II.	Moyenne.
Par gramme. . . .	$242^{cal},1$	$235^{cal},4$	$238^{cal},7$
Par équivalent. . .	9928	9652	9790

ce qui fait pour la chaleur de combustion du zinc dans l'oxygène :

Par gramme . . .	$1357^{cal},8$	$1358^{cal},2$	$1357^{cal},6$
Par équivalent . .	44240	44276	44258

résultat très-voisin du nombre 42451 calories de M. Favre, mais qui pourtant en diffère par 1807 calories en plus. J'exposerai dans une prochaine communication les causes de cette différence.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr W. Marcet. Recherches expérimentales sur la constitution du sang et sur la nutrition du tissu musculaire. (*Proceedings de la Société Royale de Londres*, vol. XIX, n° 128, et *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, du 19 juin 1871.)

Les résultats de ce travail, communiqué à la Société Royale de Londres le 11 mai 1871, peuvent être résumés comme suit :

1° Le sang est un liquide essentiellement colloïde.

2° Bien que le sang soit essentiellement colloïde, il contient néanmoins invariablement une faible proportion de substances diffusibles, représentée approximativement par 7,3 gr. sur 1000 gr. de sang, et par 9,25 gr. sur un volume égal de sérum. Ce résultat a été obtenu en soumettant à la dialyse le sang et le sérum pendant vingt-quatre heures.

3° La quantité de chlore (sous forme de chlorure) contenu dans le sang est singulièrement peu variable, et peut être représentée par 3,06 parties sur 1000. L'un des effets des chlorures, ainsi que des autres constituants diffusibles du sang, paraît être de maintenir cette substance à l'état liquide. Les substances qui communiquent au sang une réaction alcaline sont de nature cristalloïde, et par conséquent diffusibles. Le fait qu'elles restent dans le sang, pendant la circulation de celui-ci à travers le corps, est d'une haute importance sous le rapport du phénomène d'oxydation qui a lieu constamment pendant la vie.

4° Le sang renferme de l'acide phosphorique et du fer à l'état essentiellement colloïde, ou en d'autres termes, complétement indiffusibles lorsqu'on les soumet à la dialyse. Les

proportions dans lesquelles ces substances se trouvent dans le sang paraissent varier pour le peroxyde de fer de 76,2 à 78,61 pour cent, et pour l'acide phosphorique de 21,39 à 23,8 pour cent.

5° Un volume donné de sang renferme plus d'acide phosphorique et plus de potasse que le même volume de sérum. Ce fait était déjà connu ; mais l'auteur a réussi à démontrer que cet excès d'acide phosphorique et de potasse dans le sang, localisé dans ses corpuscules, est plus grand que celui que l'on obtient, en comparant entre elles les proportions d'acide phosphorique et de potasse colloïdes contenues dans le sang et dans le sérum. L'auteur en conclut qu'il doit exister dans les corpuscules sanguins une force de nature à mettre obstacle à la diffusion des substances diffusibles qu'ils renferment. Cette force paraît dépendre de l'état corpusculaire proprement dit, puisqu'elle cesse d'agir dès que cet état disparaît par suite du mélange des corpuscules avec l'eau. Cette propriété des corpuscules sanguins peut donner lieu dans le sang à une accumulation de potasse, représentée par un peu plus de *quatre* fois la quantité qui existe dans un volume égal de sérum extrait du même sang.

6° Un mélange d'acide phosphorique et de potasse à l'état colloïde peut être préparé artificiellement, en faisant dialyser une dissolution de chlorure de potassium et de phosphate de sodium. La masse colloïde, ainsi obtenue, paraît conserver les caractères du phosphate tribasique neutre dont elle provient.

7° En dialysant pendant un certain temps des quantités déterminées de phosphate de sodium et de chlorure de potassium, on obtient dans le liquide colloïde des proportions d'acide phosphorique, de potasse, de chlore et de soude, qui se rapprochent des proportions relatives dans lesquelles ces mêmes substances se trouvent dans le sérum après vingt-quatre heures de dialyse.

8° Le tissu musculaire est composé de substances appartenant à trois classes différentes. La première comprend les

substances qui constituent le tissu proprement dit, soit cette portion de la chair qui est insoluble lorsqu'on en prépare un extrait aqueux ; savoir, le principe albumineux, l'acide phosphorique, ainsi que de la potasse et de la magnésie, en proportions variables. La seconde classe renferme les mêmes substances que celles qu'on trouve dans le tissu musculaire proprement dit, et dans les mêmes proportions par rapport au principe albumineux ; seulement elles existent en dissolution et à l'état colloïde. Enfin, la troisième classe comprend les substances qu'on trouve dans les deux premières ; et de plus, du chlore et de la soude, en quantité, il est vrai, relativement faible, mais qui ne manque cependant jamais complétement. Les substances qui appartiennent à cette classe sont de nature cristalloïde, et par conséquent, diffusibles ; l'acide phosphorique et la potasse se trouvant précisément dans la proportion voulue pour former un phosphate tribasique neutre ou un pyrophosphate, représentés par la formule $2KO.HO.PO_5$, ou $2KO.PO_5$. Il est à remarquer que la proportion de potasse nécessaire pour former ce composé est infiniment plus forte que celle qui se trouve entrer dans la formation du tissu proprement dit. Il en résulte que le sang doit abandonner au tissu musculaire une certaine proportion de potasse, dont le but unique est d'éliminer, sous forme d'un composé défini cristalloïde, l'acide phosphorique qu'il renferme.

La classe n° 1 des substances qui composent le tissu musculaire constitue ce tissu à l'état d'assimilation complète. La classe n° 2 comprend les matières tirées du sang et destinées à former les substances appartenant à la classe n° 1. La classe n° 3 comprend les substances appartenant à la classe n° 1, mais sous forme de détritus et en voie d'élimination.

9° Le tissu musculaire renferme en provision une quantité de nourriture s'élevant d'un tiers environ au delà de ce qui est requis pour son usage immédiat. Cet excédant de nourriture est apparemment destiné à pourvoir à l'exercice musculaire pendant un jeûne prolongé.

10° Les nombres qui représentent dans le sang des animaux herbivores, soumis à une nourriture normale, l'excès d'acide phosphorique et de potasse sur la quantité de ces mêmes substances renfermées dans un volume égal de sérum, sont à peu près dans le même rapport entre eux que celui qui existe entre l'acide phosphorique et la potasse à leur sortie du tissu musculaire: d'où l'auteur conclut que les corpuscules du sang paraissent avoir la faculté de s'emparer des matières destinées à la nutrition du tissu musculaire, et de les lui transmettre.

11° Les matières végétales, telles que la farine, la pomme de terre et le riz, qui servent de nourriture à l'homme et aux animaux, se trouvent contenir à peu près la même proportion d'acide phosphorique et de potasse colloïde relativement aux quantités totales de ces substances qu'elles renferment. Ce fait est d'autant plus remarquable, que les proportions d'acide phosphorique et de potasse contenues dans la farine, la pomme de terre et le riz, varient extrêmement de l'un de ces végétaux à l'autre. De plus, l'auteur dit avoir remarqué dans plusieurs de ses analyses du sang, que les proportions d'acide phosphorique et de potasse colloïde, par rapport aux quantités totales de ces substances, étaient les mêmes que celles qu'on trouve dans la farine, la pomme de terre et le riz. Il en conclut que la nourriture végétale, destinée à l'homme et aux animaux, a la propriété de transformer l'acide phosphorique et la potasse, de l'état cristalloïde ou diffusible dans l'état colloïde ou indiffusible, et cela suivant certaines proportions définies. Ce n'est qu'après avoir subi cette modification que ces substances paraissent devenir propres à entrer dans la composition normale du sang, et à contribuer à la nutrition du système musculaire.

Une dernière considération, et qui n'est pas sans importance, c'est le fait ressortant de l'ensemble de ce travail, savoir, le changement ou rotation constante, qui a lieu dans la nature de l'état cristalloïde à l'état colloïde, et réciproque-

ment de l'état colloïde à l'état cristalloïde. Les substances minérales, qui doivent servir à la nutrition des végétaux, étant inanimées, doivent être nécessairement diffusibles; sans cela, elles ne pourraient être mises à la portée des plantes qu'elles sont destinées à nourrir. D'autre part, les végétaux transforment en colloïdes les substances minérales destinées à la nourriture des animaux, à tel point qu'on peut envisager la locomotion chez ceux-ci comme remplissant, sous certains rapports, les mêmes fonctions que la diffusion chez les substances minérales. En effet, si les animaux se meuvent pour chercher leur nourriture, les minéraux cristalloïdes changent aussi de place, par suite de leur diffusion, pour atteindre les plantes qu'elles sont destinées à nourrir.

Les excrétions des animaux sont cristalloïdes ou diffusibles, en ce qui concerne les substances solubles qu'elles renferment. Les portions insolubles se décomposent rapidement au contact de l'air et de l'humidité, et se transforment aussi en composés cristalloïdes. Les tissus animaux et végétaux reprennent, par décomposition après la mort, leur état cristalloïde, pour être distribués de nouveau soit à l'état gazeux, soit à l'état liquide, dans tout le règne végétal. C'est ainsi que la belle découverte de Graham sur la diffusion des liquides et des gaz, aura contribué à fournir à la science une nouvelle méthode pour pénétrer les mystères de la vie animale, et finira vraisemblablement par répandre un jour nouveau sur un grand nombre de phénomènes physiologiques restés jusqu'ici sans explication.

Giovanni Canestrini. Note zoologiche. Notes zoologiques... (*Atti dell'Istituto Veneto*, vol. XII, série III, 1871, 25 pages in-8°.)

La première des deux notes réunies sous ce titre est destinée à relever une erreur singulière du professeur Saccardo, de Trévise, qui a décrit comme un genre nouveau de Crustacés une larve de Diptère déjà observée et figurée par Réau-

mur, il y a cent trente ans. Tous ceux qui connaissent les curieuses larves des *Corethra*, ou même seulement les figures qu'en ont publiées Karsch et Weissmann, et, avant eux, Réaumur, ont dû faire déjà cette rectification en voyant la figure du soi-disant genre *Proboscistoma* donnée par Saccardo dans ses *Cenni storico-naturali intorno agli animaletti entomostracei viventi nella provincia di Treviso.*

La seconde note, plus importante que la première, contient des observations sur les Lophobranches, et en particulier sur leur reproduction et sur la filiation de certains genres. L'on sait que chez ces poissons, ou tout au moins chez une grande partie d'entre eux, les mâles présentent à la face inférieure de la queue des cavités en forme de fossettes ou de sacs dans lesquels les œufs subissent leur développement, et où les jeunes restent même un certain temps après l'éclosion. M. Canestrini n'a pas pu, mieux que les ichthyologistes qui l'ont précédé, s'assurer *de visu* de la manière dont les œufs arrivent dans ces réceptacles; toutefois, en s'appuyant sur certaines dispositions anatomiques, il émet une hypothèse assez plausible. Il y aurait, selon lui, une sorte d'accouplement qui, à l'inverse de ce que l'on voit ailleurs, ferait passer les produits femelles dans le corps du mâle. La position de l'orifice sexuel femelle et celle de l'ouverture du sac ovigère faciliteraient cet acte. En effet, l'orifice sexuel femelle regarde en bas et l'orifice du sac ovigère en haut, de sorte que si l'on met deux individus de sexe différent l'un contre l'autre, l'orifice femelle sera en face de l'orifice du sac ovigère et pourra verser ses œufs dans celui-ci. Il est probable que la queue préhensile de ces animaux joue aussi un rôle (tout au moins chez les Hippocampes) en permettant aux deux individus de se tenir étroitement unis pendant cet acte qui doit durer un certain temps ou se répéter à plusieurs reprises. Le rapprochement des sexes est évidemment indispensable chez les Nerophis qui manquent de poche pour recevoir les œufs et ont simplement à la surface du ventre une série de fossettes si peu profondes qu'aucun œuf ne pourrait y arriver et y

rester, s'il n'était déposé en place et collé par une substance gluante.

M. Canestrini pense que le mâle féconde les œufs après que ceux-ci ont pénétré dans le sac ovigère, l'ouverture sexuelle mâle communiquant avec cette cavité par l'intermédiaire d'un conduit formé aux dépens des parois renflées de la partie antérieure du sac. C'est dans ce conduit que se trouve la nageoire anale, si bien cachée que des observateurs très-exacts, tel que Van der Hœven avaient nié son existence. Les mouvements de cette nageoire doivent faciliter le renouvellement de l'eau dans laquelle flottent les œufs ou les jeunes déjà éclos.

Le développement des Lophobranches offre quelques faits intéressants et d'une certaine portée. Ainsi, M. Canestrini a observé que dans les premiers temps de leur vie les Hippocampes ont un museau de dimensions normales, de sorte que les caractères de l'ordre n'apparaissent chez eux qu'à une époque assez avancée du développement.

Le docteur Fries avait remarqué que la *Nerophis lumbriciformis* possède à l'état jeune des pectorales très-distinctes et une nageoire embryonnaire comprenant la caudale, tandis qu'à l'état adulte elle manque entièrement des premières et n'a plus qu'une trace de la seconde sous forme d'une nageoire dorsale. Un fait semblable se présente chez les Hippocampes. Ces poissons se distinguent à l'état adulte des Siphonostomes et des Syngnathes par le manque de nageoire caudale. Mais, en examinant des *Hippocampus brevirostris* longs de 5 3/4 millim. M. Canestrini a découvert qu'ils possèdent une nageoire caudale parfaitement distincte, quoique peu développée. Elle est formée par un prolongement de la peau qui recouvre l'extrémité postérieure de l'animal, et est purement membraneuse, sans trace de rayons. Cette observation prend un assez grand intérêt si l'on se rappelle qu'il y a eu dans l'époque éocène des Hippocampes munis d'une nageoire caudale, caractère qui a suffi à Agassiz pour les séparer génériquement de ceux des mers actuelles sous le nom de Ca-

lamostomes. Le *Calamostoma breviculum*, Ag., du Monte Bolca, porte une nageoire arrondie bien distincte.

M. Canestrini s'appuie sur ces faits embryologiques et paléontologiques pour établir la généalogie des genres vivants. Il arrive à cette conclusion que les *Nerophis sont descendus des Syngnathus et les Hippocampus des Calamostoma.* Laissons parler l'auteur :

« Les Syngnathes en perdant les nageoires pectorales et la caudale ont donné naissance aux *Nerophis* qui conservent cependant encore durant la période embryonnaire et comme preuve de leur origine, ces mêmes nageoires que leurs ancêtres gardaient pendant toute leur vie. »

« Ces conclusions pourront sembler à quelques personnes trop prématurées, et l'on demandera, comme le font toujours les adversaires de ces idées, où sont les anneaux qui doivent rejoindre ensemble les deux troncs, ou bien lequel, du genre Syngnathe ou du genre Nerophis, est la forme dérivée. »

« Je me trouve heureusement dans le cas de pouvoir répondre à cette question, parce que, entre les Syngnathes munis d'une caudale bien développée et les Nerophis tout à fait dépourvus de caudale, il existe d'autres Nerophis qui possèdent à l'état adulte une caudale rudimentaire, et constituent comme un passage entre les formes extrêmes. A l'appui de cette assertion je puis mentionner les *Nerophis anguinea, N. Heckeli et N. æquorea* qui ont toutes une caudale rudimentaire. »

« On peut dire en toute sûreté que le genre Nerophis est un genre en voie de formation. Quand la caudale, déjà tout au plus rudimentaire, sera entièrement atrophiée chez toutes les espèces, et ne se présentera plus même dans les embryons, alors nous pourrons affirmer que le genre Nerophis est bon, parce qu'il sera bien distinct du genre Syngnathus. Aujourd'hui nous ne pouvons pas encore tout à fait dire cela, à preuve les incertitudes qui règnent dans la classification de certaines espèces : ainsi, par exemple, Kaup place les Nerophis à caudale rudimentaire dans le genre Nero-

phis, tandis que Rafinesque et Bonaparte rapportent ces espèces au genre Syngnathe. »

« De la même manière les Calamostomes tertiaires en perdant la nageoire caudale ont donné naissance aux Hippocampes de la nature actuelle, qui ne présentent plus la nageoire caudale que pendant l'état embryonnaire. »

« Il est extrêmement probable que la nageoire caudale, avant de disparaître chez les adultes, passe par l'état rudimentaire, comme c'est le cas chez les espèces de Nerophis citées plus haut. L'on ne connaît encore aucun Hippocampe présentant ce degré de conformation, mais l'on peut nourrir l'espoir d'en découvrir, soit dans les mers actuelles, soit dans les terrains post-éocènes, qui possèdent à l'état adulte une caudale rudimentaire. »

« Chez les poissons la nageoire caudale est un organe puissant de locomotion. L'Hippocampe fait exception à cet égard, en ce qu'il effectue ses mouvements principalement au moyen de la dorsale. Une caudale lui est presque inutile, et si cette nageoire existait chez les Calamostomes, c'était peut-être parce qu'elle avait été héritée d'autres poissons. Elle a subi chez les Hippocampes les effets de cette loi qui condamne les organes inutiles à devenir d'abord rudimentaires, puis à s'atrophier chez les adultes, et enfin à disparaître même chez les embryons. Les Hippocampes de la nature actuelle se trouvent précisément dans la seconde de ces trois phases. »

Le travail de M. Canestrini se termine par un catalogue descriptif et raisonné des Lophobranches de l'Adriatique comprenant 12 espèces réparties dans 4 genres: *Hippocampus*, 2 espèces: *Siphonostomus*, 2 espèces: *Syngnathus*, 6 espèces, dont une nouvelle, *S. tænionotus; Nerophis*, 2 espèces. L'auteur rectifie de nombreuses erreurs de synonymie commises par divers auteurs, en particulier par Bonaparte, dont les 28 espèces de Lophobranches devraient être réduites à 19

A. H.

Félix Plateau. Recherches physico-chimiques sur les articulés aquatiques [1]. Première partie. (Extrait par l'auteur.)

Cette première partie comprend l'étude des phénomènes que présentent les articulés aquatiques, insectes, arachnides, crustacés, placés dans des liquides dont la composition saline n'est pas celle des eaux où ils vivent habituellement.

J'ai laissé de côté, dans le travail actuel, les eaux minérales proprement dites; leurs compositions extrêmement variées auraient nécessité un nombre considérable d'expériences dont les résultats eussent offert peu d'utilité.

L'influence de l'eau de mer ou de l'eau salée sur les articulés habitant ordinairement l'eau douce, et celle de l'eau douce sur les articulés marins, présentaient, au contraire, un véritable intérêt scientifique. On connaît depuis longtemps plusieurs espèces de poissons qui peuvent vivre indifféremment dans les deux liquides, et l'on sait aussi qu'il existe des crustacés et des coléoptères hydrocanthares jouissant de la même propriété. Mais, à côté de quelques exceptions, quelle quantité énorme d'espèces aquatiques qui recherchent toujours les mêmes eaux, les mêmes conditions, et pour lesquelles la moindre modification paraît nuisible! Pourquoi les larves carnassières d'eau douce répugneraient-elles à échanger leur ordinaire contre des *Mysis*, des *Slabberina*, des *Cetochilus* ou même de jeunes poissons marins? quelle est la cause qui empêche beaucoup de crustacés marins de remonter les rivières à la faveur des marées et de venir s'installer dans des eaux riches en proies vivantes et où, par leur force et la dureté de leurs téguments, ils régneraient bientôt en maîtres?

La nature même des recherches expérimentales auxquelles ces réflexions m'ont conduit, rend un exposé sommaire fort difficile. Dans l'impossibilité de reproduire ici

[1] Mémoires de l'Académie royale de Belgique (savants et étrangers), tome XXXVI, 1870.

les tableaux renfermant les résultats de nombreuses expériences, je me bornerai à énoncer les diverses conclusions auxquelles je crois être arrivé, en les faisant suivre, s'il y a lieu, d'observations ou de quelques exemples.

Articulés d'eau douce.

1° L'eau de mer n'a qu'une influence très-faible ou nulle sur les coléoptères et les hémiptères aquatiques à l'état parfait; cette influence peut être un peu plus grande pour les larves.

2° L'eau de mer produit des effets nuisibles sur les articulés d'eau douce à peau mince ou à branchies, et ces effets sont, en général, d'autant plus marqués que l'étendue de la surface mince est plus considérable.

Ainsi, des larves d'Agrions paraissent vivre indéfiniment dans l'eau de mer, tandis que celles de Cloe y meurent, en moyenne, au bout de 2 h. 3 m. Parmi les crustacés, le *Gammarus Rœselii* et l'*Asellus aquaticus* résistent plusieurs heures; les Cladocères, Ostracodes et Copépodes périssent, au contraire, en quelques minutes. Un tableau spécial fait ressortir l'influence de l'épaisseur des téguments de l'absence ou de la présence des branchies

3° Les articulés aquatiques d'eau douce qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer, sont ceux chez lesquels il n'y a pas d'absorption de sel par la peau; ceux qui y meurent au bout d'un temps relativement court, ont absorbé des chlorures de sodium et de magnésium.

Les essais directs que j'ai pu faire sur les articulés aquatiques ont eu pour point de départ, une expérience très-importante de M. Claude Bernard, rappelée et développée récemment par M. H. Emery. M. Emery met une grenouille dans de l'eau contenant environ 25 pour 100 de sel marin. La grenouille s'agite d'abord beaucoup; au bout de trois à cinq minutes, elle devient insensible et immobile, alors on la lave avec soin et on la place dans de l'eau distillée pure; l'animal y reprend bientôt son activité, et l'on constate que

l'eau distillée précipite abondamment par l'azotate d'argent.

Je transcris simplement la description d'une seule de mes expériences pour faire saisir nettement comment j'ai opéré dans toutes celles se rapportant à l'absorption par la peau ou à l'excrétion des sels de l'eau de mer. Après avoir constaté que l'eau distillée dont j'allais me servir ne donnait aucun précipité par l'azotate d'argent, et après avoir soigneusement lavé, avec de cette même eau, les tubes de verre nécessaires à mes expériences, j'ai placé neuf individus d'*Asellus aquaticus* dans une solution de sel marin contenant, en poids, 6,92 de sel, et 96,954 d'eau; c'est-à-dire une quantité de sel exactement double de celle que renferme l'eau de mer.

Les Aselles restent dans cette solution pendant 87 minutes; au bout de ce temps, ils manifestent du malaise; on les ôte, on les pose un instant sur du papier absorbant, puis on les lave, à cinq reprises différentes, avec de l'eau distillée, jusqu'à ce que la dernière eau de lavage donne, à peine, avec l'azotate d'argent, un trouble perceptible.

Les neuf articulés sont mis une sixième fois dans de l'eau distillée pure (10 cent. cubes), pendant deux heures. Ce temps écoulé, ils ont repris toute leur vivacité, et l'eau dans laquelle ils ont séjourné donne franchement, par l'azotate d'argent, un *précipité* de chlorure soluble dans l'ammoniaque.

J'ai varié les conditions de ces expériences, en employant tantôt de l'eau contenant moins de chlorure de sodium que l'eau de mer, tantôt de l'eau de mer pure, et toujours je suis arrivé à des résultats du même ordre. Ceux-ci me semblent mettre hors de doute que certains articulés aquatiques absorbent du chlorure de sodium par la surface du corps; mais il fallait encore montrer que tous les arthropodes d'eau douce ne sont pas dans ce cas, et que ceux chez lesquels l'absorption fait défaut, sont précisément ceux qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer. Or, les expériences faites sur les coléoptères, hémiptères, larves d'agrions, etc., n'ont fait constater aucune excrétion et, partant, aucune absorption de chlorure de sodium.

4° Les sels nuisibles contenus dans l'eau de mer sont les chlorures de sodium et de magnésium; l'influence des sulfates peut être considérée comme nulle.

Je suis arrivé à cette conclusion en étudiant successivement l'action de solutions de chlorure de sodium, de chlorure de magnésium et de sulfate de magnésium, dans des proportions telles que, pour chacune de ces solutions, le poids du sel unique employé fût égal à la somme des poids de tous les sels contenus dans l'eau de mer. Les essais n'ont été tentés que sur des espèces chez lesquelles la présence d'une peau mince ou des branchies faisait présumer une grande absorption.

L'action du chlorure de sodium s'est montrée tantôt analogue à celle de l'eau de mer pure, tantôt plus énergique. Celle du chlorure de magnésium est, ou de même nature que celle du chlorure de sodium, ou plus faible, suivant les espèces; ce sel doit donc être rangé après le précédent au point de vue de ses effets nuisibles. La solution de sulfate de magnésium ne produit rien ou n'amène la mort qu'après un temps très-long.

J'ai pu constater aussi, en opérant par le procédé indiqué au 3°, que les larves d'insectes et les crustacés d'eau douce essayés n'absorbent que fort peu de chlorure de magnésium, ce qui explique la lenteur d'action de ce sel dans beaucoup de cas, et n'absorbent généralement aucune trace de sulfate.

5° La différence de densité qui existe entre l'eau douce et l'eau de mer n'explique pas la mort des articulés d'eau douce dans le second cas de ces liquides.

Reprenant des expériences que j'avais indiquées dans un travail antérieur, j'ai soumis des articulés, sur lesquels j'avais constaté l'action nuisible de l'eau de mer, à une solution de sucre de canne dans l'eau, amenée exactement, à l'aide de l'aréomètre de Fahrenheit, à la densité de l'Océan. Sur onze espèces, huit ont vécu impunément dans l'eau sucrée; pour les autres l'action a été beaucoup plus lente que celle de l'eau de mer et des chlorures.

6° Lorsque les articulés d'eau douce passent par une transition très-lente, de l'eau douce dans l'eau de mer, et que durant cette transition, il y a eu reproduction, la nouvelle génération résiste plus longtemps à l'action de l'eau de mer que les individus ordinaires de l'espèce.

L'exposé de cette expérience tiendrait ici plus d'espace qu'il ne convient pour un simple extrait ; je prendrai donc la liberté, en ce qui concerne les détails, de renvoyer le lecteur à mon mémoire.

J'ai modifié lentement l'eau douce dans laquelle vivaient un grand nombre d'*Asellus aquaticus*, de façon à transformer, dans l'espace de deux mois, ce liquide en eau de mer naturelle, en prenant toutes les précautions nécessaires pour maintenir l'eau fraîche et pour pourvoir les crustacés de nourriture. Pendant ces deux mois (du 21 janvier au 16 mars) les aselles se sont reproduits.

L'expérience a eu pour résultat, non une modification des individus primitifs, puisque ceux-ci sont morts successivement et qu'il n'en restait plus au 3 mars, mais une modification de leurs descendants qui en a presque fait une variété nouvelle quant à l'aptitude à vivre dans l'eau de mer. En effet, dans les conditions ordinaires, les aselles ne résistent, au maximum, que 5 h. 15 m. à l'action de l'eau de mer, et les jeunes meurent plus vite dans ce liquide que les adultes ; tandis que sept des individus nés pendant l'expérience que je décris, ont vécu dans l'eau de mer pure *cent huit heures*.

Crustacés marins.

7° Les crustacés les plus communs du littoral belge meurent dans l'eau douce après un temps variable pour chaque espèce, mais qui ne dépasse pas 9 heures.

8° Les crustacés marins, plongés dans l'eau douce, abandonnent à celle-ci les sels (chlorure de sodium surtout) dont étaient imprégnés leurs tissus.

Si les articulés d'eau douce plongés dans l'eau de mer absorbent certains sels de celle-ci, les articulés marins per-

dent dans l'eau douce les sels contenus dans les liquides du corps. Il résulte de là, que je devais observer la résistance la plus courte, dans l'eau douce, chez ceux des crustacés où une respiration extrêmement rapide s'allie à une peau relativement très-mince. Ce fait se vérifie en grande partie : les *Crangon* et les *Gammarus*, qui réunissent les deux conditions, sont ceux qui vivent le moins longtemps dans l'eau douce; les jeunes crabes, dont la peau est peu épaisse, périssent plus vite que les individus à peau dure. On verra une confirmation de ces faits dans la conclusion n° 10.

9° Dans le plus grand nombre des cas, la présence du chlorure de sodium fait partie des conditions d'existence indispensables aux crustacés marins. Ce sel paraît être le seul nécessaire.

Les expériences ont consisté dans l'emploi de solutions salines, ayant la composition de celles indiquées au 4°.

10° Les individus de petite taille et ceux qui, venant de muer, ont les téguments minces, résistent moins que les autres à l'influence des liquides à composition exceptionnelle.

11° La différence entre les densités de l'eau de mer et de l'eau douce ne peut être considérée comme la cause de la mort des crustacés marins dans l'eau douce.

12° (Applicable aux deux groupes). L'endosmose permet d'expliquer l'absorption des sels par la peau mince ou les surfaces branchiales des articulés d'eau douce plongés dans l'eau de mer. La diffusion et la dialyse s'opérant avec plus d'énergie pour les chlorures de sodium et de magnésium que pour le sulfate de magnésium, montrent en vertu de quelle cause les chlorures seuls de l'eau de mer sont absorbés. Enfin, la dialyse explique comment les crustacés marins placés dans l'eau douce perdent, au sein de ce liquide, les sels dont ils sont imprégnés.

MÉMOIRE

SUR

LA COMPRESSIBILITÉ ET LA DILATATION DES GAZ

Par M. E.-H. AMAGAT.

Dans un précédent mémoire sur la dilatation des gaz, j'ai comparé depuis 0° jusqu'à 250° les dilatations de l'acide sulfureux, de l'acide carbonique et de l'air, en considérant constamment des masses de ces trois gaz qui à 0° occuperaient le même volume, et j'ai représenté par des courbes les résultats de mes recherches. La forme de ces courbes m'a conduit à émettre cette hypothèse que les coefficients des différents gaz, au lieu de tendre vers une limite commune, tendaient peut-être vers des limites différentes, mais qu'il faudrait, pour trancher la question, pousser les expériences plus loin.

Depuis lors j'ai repris cette étude et j'ai pensé qu'on pourrait peut-être éclaircir la question en faisant intervenir les écarts de la loi de Mariotte.

Il résulte en effet de l'idée qu'on se fait d'un gaz parfait, que, quand un gaz suit la loi de Mariotte, il doit posséder alors le coefficient de la dilatation limite qui lui est propre, ou tout au moins s'en écarter fort peu.

J'ai donc ainsi été conduit à chercher l'écart de la loi de Mariotte des gaz dont j'ai déjà étudié la dilatation jusqu'à 250°, limite de mes expériences sur la dilatation. Si en effet, à cette température, l'acide sulfureux par exemple suit régulièrement la loi de Mariotte, il y aura lieu de croire que le coefficient qu'il possède alors est son coeffi-

cient limite, dans le cas contraire la question est indécise comme avant.

Or, dans les résultats que j'ai déjà publiés, le coefficient de dilatation dont j'ai donné la valeur pour l'acide sulfureux, depuis 0° jusqu'à 250°, est pris dans un sens légèrement détourné de son sens véritable. Les nombres que j'ai donnés ne représentent en effet que le rapport des variations de volume subies entre les mêmes limites de température par des masses de gaz qui à 0° occupent le même volume. Ainsi, si nous prenons des volumes égaux d'air et d'acide sulfureux à 0°, ces volumes ne seront plus égaux à 225° par exemple; si donc entre 225 et 250° le rapport des dilatations des mêmes masses est $\frac{3748}{3670}$ comme je l'ai trouvé, le rapport des coefficients de dilatation entre ces mêmes températures sera plus petit parce que ici le volume d'acide sulfureux à 225° est un peu plus grand que celui de l'air. Il faudrait donc, pour avoir le rapport des vrais coefficients de dilatation, faire une correction; comme cette correction n'est que la dilatation d'une différence de volume très-petite, j'ai pensé qu'elle ne changerait pas beaucoup la forme des courbes, et comme du reste je ne pensais pas pouvoir résoudre la question sans de nouvelles expériences, je ne l'ai pas faite; j'ai simplement divisé la différence de dilatation de 225° à 250° par le nombre de degrés, comme je l'ai indiqué du reste dans mon mémoire.

Mais après avoir exécuté les expériences qui font l'objet du présent travail, j'ai fait cette correction, et je me suis aperçu que les résultats se trouvaient beaucoup plus modifiés que je ne l'aurais cru; comme d'un autre côté j'ai trouvé qu'à 250° l'acide sulfureux s'écarte encore légèrement de la loi de Mariotte et que son coefficient peut

par conséquent être encore sensiblement éloigné de sa limite, j'en ai conclu que l'hypothèse que j'avais indiquée, et qui du reste n'a rien de contradictoire avec les données scientifiques actuelles, ne se trouvait pas justifiée.

Du reste les résultats que j'ai donnés sont exacts ainsi que les courbes qui les représentent, il faudra seulement y attacher le sens que j'ai précisé plus haut.

J'ai supposé dans ce que je viens de dire que les masses de gaz, sur lesquelles j'opérais, occupaient le même volume à 0°, cela est vrai pour l'acide carbonique, mais pour l'acide sulfureux c'est de 10° que partent mes expériences.

Je reviendrai du reste sur ce sujet à la fin de ce mémoire; je vais exposer d'abord mes nouvelles expériences et les résultats auxquels elles m'ont conduit.

L'appareil que j'ai employé est représenté en coupe (Pl. II, fig. 1). PP est une chaudière cylindrique en cuivre, remplie d'huile; elle est portée par une colonne en fer le long de laquelle on peut la faire glisser et la fixer à telle hauteur que l'on veut en serrant la vis K. Le gaz à comprimer est introduit dans un appareil à boules BB′ gradué et jaugé. Cet appareil se termine à sa partie supérieure par une tige thermométrique à l'extrémité de laquelle est mastiqué un robinet d'acier R, et à sa partie inférieure par une autre tige (*ccc*) qui se recourbe trois fois sur elle même et dont l'extrémité est mastiquée dans une tubulure d'une pièce en fer S. Un tube AAA d'un diamètre plus grand est mastiqué dans une seconde tubulure de la même pièce en fer, qui est percée dans sa longueur, de sorte que les deux tubes (*c c*), AA peuvent communiquer; cependant un robinet à trois voies R′ placé directement sous le grand tube peut interrompre cette communication.

Sur l'orifice O est vissée une pièce en fer que je n'ai pas dessinée et qui porte une pompe à mercure et un robinet destiné à laisser écouler le mercure qu'on va introduire dans l'appareil. Le robinet R est mis en communication par l'intermédiaire d'un petit tube à ponce sulfurique avec un T en cuivre terminé par deux robinets HH'. Le robinet H communique avec la source de gaz ou avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'appareils dessicateurs, le robinet R' communique avec une machine pneumatique.

Il faut d'abord dessécher l'appareil. Pour cela tournons le robinet R' de manière à interrompre la communication entre les boules BB' et le reste de l'appareil, ouvrons le R et fermons H, puis faisons le vide. Maintenant fermons H' et ouvrons H, l'air sec se précipite dans l'appareil; recommençons une trentaine de fois cette opération, l'appareil est desséché; les autres pièces ont été desséchées à part.

L'introduction du gaz à étudier se fera ensuite par une opération analogue à celle que je viens de décrire.

Supposons donc l'appareil séché et chargé de gaz sec et pur. Maintenant introduisons du mercure dans l'appareil. Le tube recourbé *cc* fonctionnant comme un siphon, on fera arriver le niveau du mercure dans ce tube jusqu'à un trait *m* et dans le grand tube jusqu'à la hauteur correspondante; fermons maintenant le robinet R' de manière à empêcher le mercure qui est dans le tube *cc* de pouvoir rentrer dans le reste de l'appareil, puis chauffons le bain d'huile jusqu'à la température à laquelle nous voulons opérer; quand celle-ci est devenue parfaitement stationnaire, fermons le robinet R après avoir mis pendant quelque temps l'appareil en communication avec l'atmosphère en supprimant la source de gaz, nous avons ainsi

renfermé un volume connu de gaz, à température et sous pression connues.

Maintenant faisons arriver du mercure dans l'appareil, au moyen de la pompe, après avoir de nouveau tourné le robinet R de manière à ce que les deux tubes AA'*c c* communiquent, le gaz va se comprimer, et le mercure montera dans le tube AA; quand il y sera arrivé à une hauteur qu'on détermine d'avance et pour laquelle on sait que le volume du gaz est à très-peu près réduit à moitié, il faut ramener la température qui a pu varier de quelques dixièmes à ce qu'elle était dans la première phase de l'expérience ; c'est la partie la plus délicate de l'expérience, parce que c'est là qu'est la plus grande cause d'erreur. Quand cette condition est remplie et la température de nouveau stationnaire, on ferme de nouveau le robinet R' comme il l'était avant, et on lit la pression au baromètre. Alors un aide, desserrant la vis K, descend la chaudière jusqu'à ce que le niveau de mercure en *n* arrive un peu au-dessus du niveau de l'huile; pendant ce temps l'observateur suit le mouvement dans la lunette d'un cathétomètre et dès qu'il aperçoit suffisamment le ménisque au-dessus des bords de la chaudière, il fait arrêter le mouvement et serrer la vis K. Il lit rapidement le volume du gaz comprimé en même temps qu'il amène le fil du cathétomètre sur le menisque, il ne reste plus ensuite qu'à viser le menisque dans la grande branche A pour avoir les différences de hauteur. Des thermomètres donnent les températures des différentes parties de l'appareil; nous avons maintenant toutes les données nécessaires pour faire le calcul de l'expérience.

Cependant il est facile de voir qu'il est extrêmement difficile et même presque impossible de faire exactement

les corrections relatives aux températures des colonnes de mercure; de plus, si on essaie d'en faire le calcul quand la température du bain d'huile est élevée, il arrive que cette correction atteint des proportions très-considérables, l'erreur qu'on pourra commettre devient alors assez grande pour qu'il en résulte des écarts aussi grands que ceux qu'on cherche et même plus. Pour tourner la difficulté, j'avais d'abord songé à construire un appareil double dans lequel j'étudierais la compressibilité des gaz par rapport à celle de l'air, parce qu'alors les erreurs dues aux corrections affectant les deux gaz se compenseraient; mais j'ai été arrêté par la complication et la fragilité de l'appareil.

Cependant ayant remarqué qu'après un certain temps les différentes parties de l'appareil arrivent à des températures stationnaires toujours les mêmes pour une même température du bain d'huile, j'ai pensé qu'au lieu d'opérer à la fois sur les deux gaz, je pouvais opérer successivement sur chacun d'eux dans des conditions identiques, et je suis arrivé de cette manière à des résultats suffisamment concordants; seulement les écarts ainsi trouvés ne sont que les différences entre les écarts des gaz étudiés et ceux de l'air aux mêmes températures.

J'ai étudié l'air, l'acide carbonique et l'acide sulfureux depuis la température ambiante jusqu'à 250°; j'ai pu vérifier ainsi les résultats que j'ai trouvés il y a deux ans dans un travail sur le même sujet, dans lequel je m'étais arrêté à la température de 100°.

Voici le tableau résumant mes expériences sur l'acide carbonique et l'acide sulfureux.

On remarquera que les chiffres relatifs aux températures supérieures à 100° supposent l'écart de l'air nul; supposition fondée, puisque j'ai fait voir qu'à 100° l'air suit déjà la loi de Mariotte :

Acide sulfureux.		Acide carbonique.	
à 15°	0,0185	à 8°	0,0065
à 50°	0,0110	à 50°	0,0036
à 100°	0,0054	à 100°	0,0023
à 150°	0,0032	à 150°	0,0014
à 200°	0,0021	à 200°	0,0008
à 250°	0,0016	à 250°	0,0006

Revenons maintenant à la question des coefficients de dilatation. Voici d'abord le tableau des coefficients de dilatation, toute correction faite. On voit que la différence introduite par cette correction est telle que, si je l'avais d'abord faite, je n'aurais probablement pas songé à l'hypothèse que j'ai émise.

Acide sulfureux.		Acide carbonique.	
entre 10° et 50°	0,003920	à 0°	0,003724
à 100°	0,003757	à 50°	0,003704
à 150°	0,003718	à 100°	0,003695
à 200°	0,003695	à 150°	0,00369
à 250°	0,003685	à 200°	0,003687
		à 250°	0,003682

Si nous remarquons maintenant qu'à 250° le coefficient de l'acide sulfureux ne diffère de celui de l'air que d'une quantité assez faible, et que d'un autre côté l'écart de la loi de Mariotte à cette température, quoique très-faible, semble indiquer cependant que le coefficient de dilatation n'a pas encore atteint sa limite complétement, nous verrons que ce coefficient tend bien réellement vers celui de l'air ou tout au moins vers une limite qui en est tellement rapprochée qu'elle est insaisissable à l'observation dans l'état actuel de l'art expérimental.

Je ferai maintenant une remarque relative aux écarts de la loi de Mariotte. Ces écarts, tels qu'on les a calculés jusqu'à présent, ne sont que des écarts moyens entre les pressions initiales et finales; de même que par exemple le nombre 0,00390 représente la dilatation moyenne de l'a-

cide sulfureux entre 0° et 100°, mais ne convient point pour les températures extrêmes, de même le nombre 0,018, écart de l'acide sulfureux entre une et deux atmosphères à la température ordinaire, ne convient ni pour une ni pour deux atmosphères ; il est même certain que la plus grande partie de cet écart est due aux dernières portions de la compression dans lesquelles le gaz se rapproche beaucoup de son point de liquéfaction.

Il n'en est pas de même des coefficients de dilatation tels que je les ai déterminés de degrés en degrés par des courbes ; ces nombres caractérisent la dilatation du gaz à un degré déterminé sous une pression déterminée ; ce sont les valeurs du rapport $\frac{dt}{dv}$ à cette température et sous cette pression. On peut conclure de là que le nombre 0,002 représentant l'écart de l'acide sulfureux à 50° est un peu plus fort que celui qu'on obtiendrait si pendant toute la compression le gaz restait dans les mêmes conditions de perfection, de telle sorte qu'on peut considérer l'acide sulfureux comme ayant presque atteint à 250° l'état parfait ; il en est de même et à plus forte raison pour l'acide carbonique.

J'ai représenté par des courbes les résultats de mes expériences sur la compression des gaz acides sulfureux et carbonique.

Ces deux courbes sont réunies dans la figure 2.

Les ordonnées représentent les valeurs des écarts, les unités décimales du quatrième ordre étant représentées par des millimètres. Les abscisses correspondantes indiquent les températures.

Ces deux courbes résument les résultats que j'ai trouvés il y a deux ans, et ceux du travail que je viens d'exposer.

Fribourg, 18 juin 1871.

DE LA

DÉTERMINATION DE LA DILATATION ABSOLUE

ET

SPÉCIALEMENT DE CELLE DU BARREAU NORMAL

DU BUREAU FÉDÉRAL DES POIDS ET MESURES

Par M. H. WILD.

Je suis très-satisfait que mes observations sur le mémoire de MM. Plantamour et Hirsch, intitulé: *Note sur la détermination du coefficient de dilatation d'un barreau d'argent* [1], aient fourni à ses auteurs l'occasion de publier quelques explications plus détaillées sur certaines données contenues dans l'introduction de ce mémoire et relatives à la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium du Bureau fédéral des poids et mesures. Je demande la permission, dans l'intérêt de la science, d'exposer à mon tour ma manière de voir et d'indiquer les conclusions que je crois devoir tirer de ces résultats, en les mettant en relation avec les miens. Il est à regretter, toutefois, que les données relatives aux déterminations effectuées par MM. Paalzow, Frœlich et Plantamour n'aient pas été communiquées avec autant de détails que je l'ai fait pour les miennes dans le § 15 de mon « Rapport sur les travaux relatifs à la réforme des étalons des mesures suisses. »

Pour mettre le lecteur mieux à même de s'orienter, et pour pouvoir m'exprimer plus brièvement dans

[1] Voyez *Archives*, 1871, tome XL, page 5.

le cours de ce travail, je crois qu'il ne sera pas inutile d'exposer d'abord les principes et les considérations qui m'ont guidé dans le choix des dispositions et de la méthode de mesure auxquelles j'ai eu recours pour la détermination de la dilatation absolue au Bureau des poids et mesures à Berne, et qui à cette époque avaient été approuvées par la commission. Je reconnais maintenant qu'il aurait mieux valu consigner ces principes et ces considérations dans mon Rapport; mais alors pressé par les préparatifs de mon départ pour Saint-Pétersbourg, je dus, en le rédigeant, me borner à ce qu'il y avait de plus essentiel, et je ne pus pas même en corriger moi-même les épreuves.

Si l'on détermine le coefficient linéaire de dilatation n d'un barreau en mesurant pour une partie de ce barreau de la longueur N_0 à 0°, l'allongement D qu'il subit par une élévation de Δ degrés de sa température, on calcule la valeur de n d'après la formule :

$$n = \frac{D}{N_0 \Delta}$$

En représentant par $\pm\, dn$ la limite d'erreur que l'on veut atteindre dans la détermination du coefficient de dilatation, et par dN_0, dD et $d\Delta$ les erreurs correspondantes dans l'évaluation de la quantité N_0 et dans l'observation de D et de Δ, la différentiation de la formule cidessus, par rapport à ces variables, donne les équations:

$$dD = \pm\, dn\, N_0 \Delta,$$

$$dN_0 = \pm\, dn \frac{N_0^2 \Delta}{D},$$

$$d\Delta = \pm\, dn \frac{N_0 \Delta^2}{D},$$

d'où il résulte d'abord que, toutes autres circonstances restant les mêmes, nous déterminons avec d'autant plus de précision le coefficient de dilatation d'un barreau qu'il existe un plus grand écart entre les températures, pour lesquelles on mesure son allongement par dilatation. Dans la plupart des déterminations de la dilatation des métaux on a choisi un écart de température de 100°. Nous avions cru cependant, pour plusieurs raisons, devoir rejeter des écarts de température aussi considérables. En effet, les expériences que l'on a faites dans la détermination du point d'ébullition des thermomètres très-sensibles, démontrent que des corps solides chauffés à 100° ne reviennent plus, ou du moins ne reviennent qu'après un long espace de temps, à leurs dimensions primitives. De plus, il résulte des expériences de *Dulong* et *Petit* que c'est seulement pour de faibles écarts de température que la dilatation des métaux peut être considérée comme une fonction linéaire de la température, ainsi que notre formule le suppose. En général, la dilatation doit être représentée par la formule :

$$Nt = N_0 (1 + n_1 t + n_2 t^2),$$

dans laquelle les coefficients n^1 et n^2 ont, par exemple, d'après Dulong et Petit les valeurs suivantes :

	n_1	n_2
Pour le platine...	0,000 008 6711	0,000 000 001 705
» fer......	0,000 010 3895	0,000 000 014 315
» cuivre...	0,000 016 3565	0,000 000 008 255

De là, il résulte pour les coefficients linéaires moyens de dilatation :

	Entre 0° et 30°.	Entre 0° et 100°.	Différence.
Pour le platine..	0,000 008 722	0,000 008 842	0,000 000 120
» fer.......	0,000 010 819	0,000 011 821	0,000 001 002
» cuivre...	0,000 016 381	0,000 017 182	0,000 000 801

Comme les différences de ces deux espèces de coefficients de dilatation nous ont paru trop considérables pour le but que nous voulions atteindre et qu'il n'y avait aucune raison de les supposer plus faibles dans notre barreau en bronze d'aluminium, comme de plus ce barreau ne devait être employé que pour des écarts de température de 5° à 25° C., je résolus de me borner à déterminer le coefficient de dilatation entre les limites approximatives de 0° et 30°.

Lors de mes expériences pour la détermination de la dilatation absolue du barreau en bronze d'aluminium la température la plus basse a été en moyenne de 2° et la plus élevée de 24°, ainsi on avait :

$$\Delta = 22° :$$

de plus pour la longueur de:

$$N_0 = 1000^{mm}$$

on obtenait en chiffres ronds :

$$D = 0^{mm},345$$

Comme lorsqu'on s'est servi de ce barreau normal pour des comparaisons de mesures, les températures de 5° et de 25° n'ont pas été dépassées, l'écart de température de $\pm$ 10° (de l'un et de l'autre côté de la température moyenne de 15° C.), lequel correspond à ces limites, ne comporte pas une erreur dépassant la limite d'exactitude de $\pm$ 0^{mm}, 0001, qui était demandé pour nos mesures, si dans la détermination du coefficient de dilatation l'erreur n'est pas plus grande que:

$$dn = \pm 0,000\,000\,01.$$

Introduisons dans nos formules cette dernière valeur,

ainsi que celles que nous avons établies plus haut, et nous aurons pour les limites d'exactitude à atteindre :

$$d\mathrm{N}_0 = \pm 0^{\mathrm{mm}},638$$
$$d\,\mathrm{D} = \pm 0^{\mathrm{mm}},00022$$
$$d\,\Delta = \pm 0^{\circ},014.$$

Comme la quantité N_0 était déjà connue avec beaucoup plus de précision et que l'appareil micrométrique donnait parfaitement une exactitude de $\pm\, 0^{\mathrm{mm}},00022$ dans la détermination de l'allongement, — (en réalité même l'erreur a été moindre encore, comme on peut le voir dans les indications micrométriques consignées pages 88 et 89 de mon Rapport), — il n'y avait plus qu'à prendre les dispositions nécessaires pour arriver à une exactitude de $\pm 0^{\circ},014$ dans l'évaluation de la différence des températures du barreau. D'après les principes posés dès l'abord pour nos mesures, les barreaux ne devaient pas être directement mis en contact avec des liquides. Donc pour que les thermomètres exposés à l'air à côté des barreaux indiquassent réellement la température de ceux-ci avec l'exactitude indiquée, il fallait que les variations de température fussent très-lentes. Cette condition pouvait être obtenue facilement pour le comparateur ordinaire au moyen d'une masse d'eau peu considérable entourant l'auge dans laquelle se trouvaient les barreaux et les thermomètres, parce que la température de toute la chambre était constamment réglée d'après celle des barreaux. Mais tandis que MM. Plantamour et Hirsch ont cru devoir recourir aussi à cet expédient pour la détermination de la dilatation absolue au moyen de l'appareil établi dans la cave, j'ai toujours cherché lors de ces expériences, — et cela pour des raisons qui seront exposées en détail plus loin, — à maintenir la température de l'espace ambiant

aussi constante que possible. Comme dans ces conditions la température du barreau s'écartait considérablement de celle du local, j'ai dû, pour atteindre une constance suffisante de la température, employer une quantité d'eau beaucoup plus considérable et une auge en métal aussi étroite que possible pour y placer le barreau et le thermomètre. Par ces raisons, on a donné à cette partie de l'appareil la disposition que j'ai décrite p. 64 et 65 de mon Rapport et qui est représentée dans la Planche II, figure 1, qui l'accompagne. L'auge extérieure contenait 420 litres d'eau [1]. Quoique cela se comprenne de soi-même, je crois utile d'ajouter que dans ces expériences la boule du thermomètre était, comme je l'ai dit une fois pour toutes (pages 62 et 63 de mon Rapport) à propos de l'arrangement des thermomètres à côté des barreaux, entourée d'un tube de laiton fermé à son extrémité extérieure, et qu'elle n'était pas *nue et sans protection* comme MM. Plantamour et Hirsch le disent à tort, page 14 de leur réponse. Ils sont aussi dans l'erreur au sujet de la constance de la température dans mes expériences. On lit en effet, pages 13 et 14 de leur réponse : « Ainsi dans sa première détermination, le thermomètre placé à côté du barreau marquait 33°,5 à 8 heures du matin, immédiatement après avoir introduit l'eau chaude ; il était descendu à 22° à 1 heure, au moment où il a commencé les mesures, et la température a encore baissé d'*un dixième de degré* pendant l'intervalle de temps employé à faire les lectures alternativement à chacun des microscopes ; M. Wild n'indique pas la longueur de cet intervalle. » Je ne puis rapporter cette re-

[1] C'est par suite d'une erreur typographique que, p. 65, ligne 10 de mon Rapport, on lit 120 kilogrammes au lieu de 420.

marque qu'aux observations suivantes consignées au § 15, p. 88, de mon Rapport.

Thermomètre II à côté du barreau.	Lectures des micromètres.	
	G 500	D 500
°	λ	ρ
21,97	9,716	6,598
21,96	9,721	6,605
21,94	9,723	6,602
21,93	9,727	6,601
21,92	9,733	6,610
21,91	9,731	6,602
21,90	9,735	6,608
21,90	9,741	6,605
21,89	9,743	6,605
21,88	9,746	6,607
21,87	—	—

Tout lecteur attentif, même s'il n'avait point connaissance de la méthode d'observation générale exposée dans le § 9 de mon rapport, ainsi que des observations consignées dans les §§ 10-14, doit voir immédiatement que, dans ces mesures, on a toujours observé d'abord le degré de température, que l'on a mis ensuite les deux fils des micromètres sur les traits 500^{mm} à gauche, et 500^{mm} à droite du barreau normal; puis, que l'on a noté les indications des micromètres, et ainsi de suite en observant de nouveau le thermomètre et en effectuant de nouvelles lectures des micromètres jusqu'à la fin de l'expérience. Chacune de ces lectures aux deux micromètres, avec la lecture du thermomètre qui les précède et les suit, représente ainsi une observation complète; pendant cet intervalle de temps, la température n'avait pas baissé de $0°,1$, comme le disent MM. Plantamour et Hirsch, mais seulement de $0°,01$, ainsi que le montre le tableau

ci-dessus. Comme je faisais seul les observations, et qu'après chaque lecture j'avais encore à régler les robinets du gaz (dont il sera question plus loin), chaque observation prenait à peu près trois minutes, de sorte que pour l'ensemble des observations j'ai employé environ une demi-heure. Puisque, à ce que disent MM. Plantamour et Hirsch, MM. Paalzow et Frœlich d'une part, MM. Paalzow et Plantamour d'autre part, ont procédé exactement d'après la même méthode et avec les mêmes précautions, je suis étonné que cette constance remarquable de la température, qui correspond d'ailleurs aux lois du refroidissement, ait pu leur échapper. Quant à moi, je crois pouvoir admettre maintenant encore qu'un thermomètre dont la boule est entourée d'une enveloppe de laiton, et dont la température ne baisse que de 0°,1 pendant l'espace d'une demi-heure et de 0°,01 d'une observation à l'autre, indique aussi avec une exactitude approximative de ± 0°,014 la température d'un barreau de métal placé dans son voisinage immédiat. Comme lors des autres mesures, la température a été plus constante encore, j'ai cru, d'après ce qui précède, pouvoir m'attendre à obtenir le coefficient de dilatation du barreau normal avec une exactitude de ± 0,000 000 01, et c'est ce qui a été le cas en effet, ainsi que le prouvent les deux séries d'expériences, tout à fait indépendantes l'une de l'autre, que j'ai faites le 29 mars et le 9 avril [1].

[1] En consultant le journal des observations du Bureau fédéral des poids et mesures, MM. Plantamour et Hirsch auraient pu voir que les relevés d'observations indiqués dans mon Rapport ne sont nullement les seuls que j'aie établis, mais que, sur l'ensemble, je me suis servi seulement de ceux où la température était restée la plus constante et qui, en conséquence, offraient une garantie suffisante pour l'indication exacte de la température donnée par le thermomètre. J'ai exclu les

Pour que le chiffre obtenu de cette manière représente véritablement le coefficient de dilatation du barreau, il faut bien entendre, — ce qui avait été passé sous silence jusqu'à présent, — que pendant la durée de l'expérience entière les deux microscopes conservent d'une manière absolue leur position au-dessus des deux extrémités du barreau.

Je ne crois pas que l'installation des microscopes, — telle qu'elle est décrite p. 64 et 65 de mon Rapport et représentée fig. 1 et 2 de la planche II qui l'accompagne, — sur des piliers de marbre massifs profondément enfoncés dans le sol de la cave et indépendants l'un de l'autre, puisse laisser quoi que ce soit à désirer sous le rapport de la solidité. Mais comme j'ai toujours pensé que les pierres et le sol se dilatent et se contractent aussi sous l'influence de la chaleur, et que des expériences faites avec des instruments astronomiques installés d'une manière analogue ont constaté indubitablement des influences de ce genre, j'ai toujours considéré la distance et la position des deux microscopes comme variables avec le temps et avec la température du local, malgré cette solidité. On était d'autant mieux autorisé à considérer la variabilité par rapport au temps et aux influences extérieures comme faible et même entièrement négligeable pour de courts espaces de temps, que la pose des piliers dans la cave, d'ailleurs profonde et exposée au nord, avait été exécutée plus de deux ans auparavant. En revanche, on pouvait

autres observations, parce que j'ai toujours maintenu qu'un nombre restreint d'observations faites dans des circonstances favorables vaut mieux qu'une grande quantité d'observations faites avec le même soin, mais dans des circonstances qui ne permettent pas d'obtenir l'exactitude voulue sur tous les points.

prévoir avec certitude que les changements de la température de la cave exerceraient une influence sensible sur la position des microscopes. Si la température de la cave monte, la couche supérieure du sol entre les deux systèmes de piliers s'échauffe également, et ceux-ci doivent s'incliner un peu en dehors; au contraire, si la température s'abaisse, les piliers doivent converger en dedans. En conséquence, dans le premier cas les axes des microscopes s'écarteront, et, dans le second cas, ils se rapprocheront. C'est pourquoi j'ai pris tant de soin, dans toutes les mesures nécessaires pour une détermination complète du coefficient de dilatation, de maintenir la température de la cave tout à fait constante. Cependant, malgré la constance approximative de la température de l'air dans la cave, des oscillations des microscopes peuvent se produire par suite de changements de température, si la chaleur rayonnante des lampes éclairantes n'est pas diminuée autant que possible et si l'appareil n'en est pas préservé. Les mesures de précaution que j'ai prises à cet effet ne sont pas indiquées dans mon Rapport et ne sont connues que de M. Baer, employé du Cabinet de physique de Berne, qui m'a secondé dans mes expériences. Dans ce but, non-seulement les microscopes ont été entourés d'écrans en carton jusqu'au haut des micromètres et les piliers protégés par des paravents en carton et en bois contre le rayonnement des lampes sur tous les côtés qui y étaient exposés, mais encore je ne donnais aux lampes toute leur clarté qu'au moment où je pointais avec les micromètres ou que je lisais le thermomètre, après quoi je baissais tout de suite la flamme. Comme, par conséquent, sur les cinq lampes servant aux observations, *une seule* restait haute, j'ai pu, malgré ces sources de chaleur, maintenir constante la température de la cave.

Jusqu'à quel point la distance des deux microscopes des micromètres a-t-elle été maintenue immuable, au moyen de ces mesures de précaution, pendant toute la durée d'une expérience complète, c'est ce que je ne pourrais établir, parce que, poussé par le gouvernement, en raison du but pratique à atteindre, à clore, provisoirement du moins, les travaux au Bureau des poids et mesures, j'ai dû remettre à plus tard des recherches plus précises sur ce sujet. Depuis lors, mon départ pour Saint-Pétersbourg m'a définitivement empêché d'y revenir, ainsi que de faire une foule d'autres expériences encore pour combler des lacunes qui existent dans mes travaux.

Cependant, je n'ai pu être que vivement satisfait de ce qu'une partie au moins de mes vues et de mes suppositions se soient trouvées pleinement confirmées par les expériences faites plus tard, au Bureau des poids et mesures, par M. Hermann, sur l'initiative de MM. Plantamour et Hirsch.

En effet, dans leur premier mémoire [1], ces derniers tirent des observations de M. Hermann la conclusion suivante : « Si, au contraire, la température du local et des piliers reste constante ou à peu près, le mouvement de ceux-ci est restreint à des limites qui, même pendant un intervalle de plusieurs jours, ne dépassent guère les erreurs d'observations [2]. »

[1] *Archives*, 1870, tome XXXVIII, p. 57.

[2] A la page 16 de leur réponse, MM. Plantamour et Hirsch tirent, au contraire, de tout autres conclusions des observations de M. Hermann. Tandis que, par une température constante de la cave, la position des piliers était, conformément à leur première conclusion, restée constante pendant plusieurs jours jusqu'à une limite de $\pm 0^{mm},0005$, ils prennent maintenant le maximum de changement observé le 3 mars depuis 9 heures du matin jusqu'à 5 heures du soir, pour élever la variabilité en général jusqu'à $\pm 0^{mm},002$.

Mais, malgré ces recherches, une question reste encore à résoudre, c'est-à-dire celle de savoir si, malgré la constance de la température du local et celle des thermomètres qui sont assujettis au moyen de ciment sur les piliers en pierre, la distance des microscopes n'est pas modifiée lorsque, dans l'espace d'environ cinq heures, la température de la masse d'eau dans la cuve placée entre les piliers est élevée ou abaissée d'environ 22°. Cette importante question n'a malheureusement pas été résolue jusqu'à présent par mes successeurs. Il est vrai que MM. Plantamour et Hirsch proposent, à la fin de leur réponse, une méthode de détermination de la dilatation absolue, qui n'est pas affectée de cette cause d'incertitude, et qui a des chances de réussir, puisqu'elle est exactement la même que celle qu'ont suivie MM. *Ibanez* et *Saavedra* pour étudier la dilatation des barreaux devant servir à la mesure d'un degré faite par la commission de la carte d'Espagne [1]. Je ne comprends pas pourquoi la nature du local, à Berne, ne se prêterait pas à l'emploi de cette méthode. Quoi qu'il en soit, et jusqu'à ce que, par des observations de ce genre, on ait recueilli des données exactes sur la question d'une modification possible de la distance des microscopes à des températures différentes des barreaux, la valeur absolue de ma détermination de la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium reste en effet entachée d'un manque de certitude absolue. Mais c'est aussi là, comme je vais le démontrer, le seul défaut qui pourrait ressortir jusqu'à présent des nouvelles expériences pour la détermination de la dilatation absolue du

[1] Expériences faites avec l'appareil à mesurer les bases appartenant à la commission de la carte d'Espagne. Traduit de l'espagnol par A. Laussedat. Paris, librairie militaire, J. Dumaine, 1860.

barreau normal, mentionnées dans la réponse de MM. Plantamour et Hirsch.

Le tableau ci-dessous donne le relevé des différentes observations :

	Époque.	Observateurs.	Coefficient de dilatation.
1867,	29 mars,	Wild,	0,000 015 5770
	et 9 avril,		±0,000 000 0068
1869,	15 janvier.	Paalzow	0,000 016 675
	19 et 20 janvier,	et Frœlich,	±0,000 000 072
	25 et 27 janvier,	Plantamour	0,000 015 635
		et Paalzow,	±0,000 000 112

Il en résulte d'abord que, dans les deux dernières déterminations, les erreurs moyennes sont environ dix fois plus grandes que dans les miennes. Je ne saurais apprécier quelle en est la cause, vu que MM. Plantamour et Hirsch ne publient aucune donnée ni sur le degré de la constance de température de la cave, ni sur le nombre des diverses observations complètes, et qu'il ne ressort pas de leurs communications jusqu'à quel point, pendant la durée d'une seule observation complète, la température dans la cuve est restée constante.

Supposons néanmoins, avec MM. Plantamour et Hirsch, que ces trois résultats aient à peu près la même valeur, il en ressortirait *le fait presque merveilleux* que le barreau normal du Bureau fédéral des poids et mesures a donné, dans plusieurs observations faites du 15 au 20 janvier 1869, des valeurs du coefficient de dilatation, lesquelles, s'accordant entre elles à ±0,000 000 072 près, s'écartent pourtant, en chiffres ronds, de 0,000 001 07 des résultats obtenus du 29 mars au 9 avril 1867, d'une part, et du 25 au 27 janvier 1869, d'autre part, résultats qui, cependant, s'accordent également entre eux dans la limite de leur erreur moyenne.

Ce fait surprenant a paru, à MM. Plantamour et Hirsch, suffisamment constaté par les mesures faites par MM. Paalzow et Frœlich pour que, sans autre motif, ils admissent comme explication que le barreau en bronze d'aluminium avec la lamelle d'argent qui y est rivée présente, par suite de sa composition et de sa construction, des irrégularités dans sa dilatation, et pour qu'ils se crussent autorisés à rejeter, comme ne pouvant plus servir, le barreau normal sur lequel sont basées cependant toutes les mesures de longueur et les nombreuses observations faites au Bureau fédéral des poids et mesures, et dont les parties ont été soigneusement vérifiées par une foule de mesures qui avaient coûté beaucoup de peine. MM. Plantamour et Hirsch ne paraissent pas avoir renoncé à leur manière de voir, malgré mes observations, et quoique leurs expériences sur la détermination du coefficient de dilatation du barreau d'argent, — mieux construit à leur avis, — aient donné une erreur plus grande que celle résultant, pour le barreau normal, des mesures faites par MM. Plantamour et Paalzow, du 25 au 27 janvier 1869. Peut-être les réflexions suivantes modifieront-elles leur opinion.

Si le barreau normal en bronze d'aluminium du Bureau des poids et mesures à Berne a présenté véritablement, dans sa dilatation, une variabilité atteignant le chiffre cité plus haut, de 0,000 001 07, dans le coefficient de dilatation, il devrait en résulter, selon qu'on admet l'un ou l'autre de ces coefficients de dilatation, pour un écart de température de 20°, une différence de $0^{mm},0214$, dans la distance des traits du barreau, qui fixent la longueur d'un mètre.

Mais cette différence est si considérable que, aux diverses époques des observations et par des températures

variant de 5° à 25°, elles n'auraient pas pu m'échapper, non plus qu'à d'autres observateurs, dans les nombreuses comparaisons du barreau normal avec des barres d'une autre construction et affranchies des inconvénients qu'on reproche à ce barreau. Au contraire, les mesures faites par toute la commission pour contrôler les miennes, les 11, 12, 22, 23 et 24 avril, ainsi que les 4, 11 et 12 mai 1867, se sont trouvées d'accord avec mes observations antérieures, au point qu'une variabilité éventuelle de ce genre n'aurait atteint tout au plus qu'un chiffre 40 fois moindre.

En outre, cette prétendue variabilité de la dilatation a une portée encore bien plus générale. Si elle atteignait réellement un tel degré, non-seulement tous les instruments de précision sur lesquels on a effectué partout, dans ces derniers temps, des divisions de longueur ou d'arcs de cercle d'une manière analogue à celle qui a été employée pour le barreau normal en question, devraient être rejetés comme impropres à des observations exactes, mais encore on aurait déjà constaté depuis longtemps cette variabilité en opérant sur ces instruments mêmes.

D'après tout ce qui précède, on peut admettre, je crois, que, dans l'état actuel de la question, la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium doit encore être considérée comme *non variable,* et que le résultat divergent obtenu par MM. Paalzow et Frœlich doit être attribué à une cause d'erreur constante ou à une différence de leur méthode d'observation avec celles qui ont été suivies avant et après leurs expériences. Sans vouloir attaquer en quoi que ce soit les connaissances et les talents reconnus de MM. Paalzow et Frœlich, je me crois cependant en droit de pouvoir relever le fait que, à ma

connaissance, ils n'ont commencé que peu de temps auparavant à s'occuper de mesures de précision en général et des instruments du Bureau des poids et mesures en particulier, tandis que M. Plantamour et moi nous avions une plus grande expérience des procédés de mesures, et que nous étions plus exercés dans le maniement de ces instruments; aussi ne prendra-t-on pas en mauvaise part si je considère encore mon coefficient de dilatation du barreau normal, coefficient confirmé par les mesures effectuées par MM. Plantamour et Paalzow, comme donnant la valeur exacte de cette grandeur, et cela d'autant plus que dans mon opinion, partagée probablement par d'autres que moi, des mesures de précision faites par un seul observateur doivent être préférées à celles effectuées par plusieurs personnes à la fois, toutes les autres circonstances étant égales.

Il est vrai que MM. Plantamour et Hirsch indiquent encore, page 12 de leur réponse, une autre raison de croire à une irrégularité dans la dilatation du barreau en bronze d'aluminium. Ils disent que, par la comparaison du pendule en laiton avec le barreau normal, entre 3°,5 et 25°,5, ils ont trouvé pour le coefficient de dilatation du pendule, d'après mes données sur la dilatation du barreau normal, le chiffre de 0,0001728, et, d'après la détermination de MM. Paalzow et Frœlich : 0,000018375, — valeurs qui, disent-ils, — sont inférieures à celles indiquées ordinairement pour la dilatation du laiton, et, dans ce cas spécial, trop faibles pour qu'on puisse atteindre une concordance des oscillations du pendule dans des températures différentes.

J'avoue ne pas comprendre ce raisonnement, même en admettant l'exactitude de ces données et de ces conclu-

sions. Si les valeurs obtenues pour la dilatation du barreau en bronze d'aluminium étaient réellement trop faibles, *il faudrait, selon moi, en conclure, non pas à une irrégularité dans la dilatation du barreau, mais bien à quelque défaut dans la méthode à l'aide de laquelle on l'a déterminée.* Cette conclusion aurait d'autant moins dû échapper à MM. Plantamour et Hirsch, que la valeur : 0,000 018 387 qu'ils trouvent, dans leur premier mémoire, pour le coefficient de dilatation du barreau d'argent, dont ils admettent la non-variabilité, est aussi très-inférieure au nombre généralement indiqué pour l'argent.

En outre, il aurait été à désirer que MM. Plantamour et Hirsch, avant de conclure et comme moyen de contrôle, fissent la comparaison immédiate du pendule avec le barreau d'argent : en l'absence de cette comparaison, la publication de leurs expériences sur la dilatation du barreau d'argent nous paraît prématurée.

Sans vouloir allonger sur ce sujet, je dois ajouter que la base même du raisonnement de MM. Plantamour et Hirsch me paraît tout au moins très-douteuse.

Bien que je n'aie plus à ma disposition les documents relatifs à cette question, je me souviens cependant très-bien d'avoir refusé de déterminer la dilatation du pendule lui-même au moyen du comparateur de Berne, par la raison que la configuration du pendule et l'installation actuelle du comparateur ne se prêtaient pas à une exactitude suffisante des mesures. En revanche, j'ai établi la dilatation de l'échelle du pendule par des comparaisons avec le barreau normal, entre 7° et 23°,4 environ, et je l'ai trouvée égale à 0, 000 017 912. Or, en admettant que, dans les mesures qu'ils ont effectuées, MM. Plantamour et Hirsch aient réellement vaincu toutes les diffi-

cultés (et, je le répète, ils ne donnent pas de détails à ce sujet), et que le chiffre indiqué par eux pour le coefficient de dilatation du pendule soit en effet relativement exact, ne serait-il pas hasardé de douter de l'exactitude absolue de ce chiffre pour la seule raison que les mesures du pendule faites par M. Plantamour [1] conduisent à une valeur plus grande.

D'après les résultats indiqués dans le mémoire de M. Plantamour, la comparaison des oscillations du pendule, à des températures différentes, donne pour le pendule le coefficient de dilatation : 0,000 020 07, chiffre qui est considérablement plus élevé que tous les coefficients de dilatation du laiton connus jusqu'à présent ; mais par suite d'erreurs de calcul dans la réduction de la durée des oscillations du pendule, les chiffres établis par M. Plantamour devront, en tout cas, être rectifiés. De plus, on peut rappeler une observation analogue faite par *Bessel* lors de ses célèbres expériences sur le pendule [2], d'après laquelle ces dernières semblent amener à des valeurs trop élevées des coefficients de dilatation, et fait présumer que, dans ces expériences, il se produit peut-être encore une influence de la température qui, jusqu'à présent, n'a pas été considérée dans la théorie. Il est donc probable que l'on devra renoncer, pour le moment, à vouloir corriger, d'après des mesures du pendule, des coefficients de dilatation déterminés directement.

[1] Expériences faites à Genève avec le pendule à réversion. *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, tome XVIII, p. 405 (p. 97 des exemplaires à part).

[2] Darstellung der Untersuchungen und Maassregeln, welche in den Jahren 1835 und 1838 durch die Einheit des preussischen Længenmaasses veranlasst worden sind, von F.-W. Bessel. Berlin, 1839, p. 90 et 91.

Enfin, je ne puis admettre la valeur de l'argument tiré de ce que les coefficients de dilatation de corps comparés avec le barreau normal en bronze d'aluminium sont inférieurs aux chiffres indiqués ordinairement. On ne doit pas oublier en effet que, comme je l'ai déjà dit plus haut, la dilatation des métaux entre 0° et 100° n'est déjà plus proportionnelle à celle du thermomètre à mercure, et que les coefficients de dilatation donnés par les traités de physique se rapportent à cet intervalle de température tout entier, tandis que mes déterminations ne s'étendent qu'à l'écart de température de 0° à 30°.

Outre les expériences déjà mentionnées de MM. Dulong et Petit sur l'accroissement des coefficients de dilatation par l'élévation de la température, nous possédons encore des recherches beaucoup plus précises et plus certaines entre 0° et 100°, que *Sims* a entreprises, d'après les indications de *Baily* et *Airy* [1]. Ces observations ont conduit aux valeurs suivantes :

Matières des barres.	Écart de température.		Coefficient de dilatation par 1° centigrade.
Fonte de laiton, 32 cuivre, 12 zinc.	4°	à 37° C.	0,000 017 5457
	4°	81°	0,000 018 0578
Laiton (Old imperial Standard)..	4°	38°	0,000 017 8412
	4°	80°	0,000 018 5866
Cuivre	4°	38°	0,000 016 3276
	4°	82°	0,000 016 9807
Acier	2°	36°	0,000 010 7327
	2°	80°	0,000 011 2495

Enfin le relevé suivant d'un certain nombre de déterminations, récentes pour la plupart, de coefficients de dilatation pour de basses températures, jointes aux déterminations que j'ai faites et consignées dans mon Rapport,

[1] *Airy*, Account of the construction of the New National Standard of Length, etc. Philosophical Transact. for 1857, Part. III, p. 19 et 20.

pour toute une série de barres comparées avec le barreau normal en bronze d'aluminium, démontrent que mes résultats ne s'écartent pas des autres au point qu'on doive en tirer nécessairement la conclusion que la valeur de mon coefficient de dilatation du barreau en bronze d'aluminium est réellement trop faible.

Matière des barres.	Écart de température.		Coefficient de dilatation par 1° C.	Observateurs
Laiton.				
Règle 21mm sur 5mm	7°	à 40° C.	0,000 018 984	Ibanez et Saavedra [1].
Prototype du mètre suisse, 36mm sur 6mm	5	25	0,000 018 087	Wild [2].
Old Imperial Standard.	4	38	0,000 017 841	Sims [3].
Barre de fonte 25mm sur 25mm.	4	37	0,000 017 546	Sims.
Règle	0	36	0,000 017 830	Borda [4].
Étalon de mesures suisse, 20mm sur 20mm	5	25	0,000 017 555	Wild [2]
1 copie, idem.	5	25	0,000 017 327	Wild.
2 copie, idem.	5	25	0,000 017 334	Wild.
Mètre auxiliaire, idem.	5	25	0,000 017 546	Wild.
Acier et fer.				
Cylindre d'acier.	5	25	0,000 011 829	Wild [2].
Barre d'acier.	2	36	0,000 010 733	Sims [3].
Fonte d'acier (étalon)	0	36	0,000 010 130	Bessel [5].
Longues barres de fer forgé.	10	30	0,000 011 651	Clarke [6].
	10	30	0,000 011 659	Clarke.
Toise en fer	0	40	0,000 011 260	Bessel [7].
Règle en fer	0	36	0,000 011 560	Borda [4].
Platine.				
Règle, 21mm sur 5mm	7	40	0,000 009 017	Ibanez et Saavedra [1].
Mètre du conservatoire, 25mm sur 3mm,5.	0	25	0,000 008 605	Wild [8].
Règle, 15mm sur 2mm.	0	36	0,000 008 560	Borda [4].

[1] Loc. cit., p. 136. — [2] Loc. c., p. 90 et 95-96. — [3] Loc. cit., — [4] Base du système métrique, S. III, p. 440. — [5] Loc. cit., p. 68. — [6] *Clarke*, Comparison of the Standard of Length made at the Ordnance Survey Office, Southampton. London 1866, p. 227. — [7] Loc. d., p. 90. — [8] Loc. c., p. 15.

D'après tout ce qui précède, je crois pouvoir affirmer en terminant ce travail, et cela avec plus de précision que je ne l'ai fait dans mes observations antérieures, que jusqu'à cette heure *il n'y a aucune raison plausible d'admettre une variabilité de la dilatation du barreau normal en bronze d'aluminium du Bureau fédéral des poids et mesures à Berne, et que tous les résultats obtenus à l'aide de ce barreau conservent leur pleine valeur.*

Si quelque chose, dans ces mesures, pouvait être entaché d'un défaut de certitude, ce ne serait, d'après les explications précédentes, que la valeur absolue du coefficient de dilatation du barreau normal, bien que, jusqu'à présent, aucune donnée positive ne soit venue confirmer cette supposition. Mais si des recherches ultérieures, absolument exemptes de toute erreur, amenaient à un autre résultat quant à la valeur de la dilatation de ce barreau, il suffirait alors de modifier dans la même proportion les coefficients de dilatation de toutes les barres de métal comparées avec le barreau normal de Berne.

J'ose espérer en même temps d'avoir, en donnant ces développements, contribué aussi de nouveau, pour ma part, à hâter la solution de l'importante question de la détermination exacte de la dilatation absolue des corps.

Saint-Pétersbourg, ce 2 mai 1871.

SUR

LES IMAGES D'ILLUSION

ET SUR

LA THÉORIE DU RELIEF BINOCULAIRE

PAR

M. JOSEPH LE CONTE
Professeur de géologie et d'histoire naturelle à l'Université de Californie.

Dans un article très-soigné sur la vision binoculaire, lequel a été inséré dans le numéro de février des *Archives* [1], et qui n'est lui-même qu'un résumé très-succinct d'un mémoire plus complet devant paraître prochainement, M. Pictet entreprend d'asseoir sur des bases solides la théorie « *nativistique,* » qui considère les points correspondants comme congénitaux et comme conséquence de la structure anatomique, en opposition avec la théorie « *empiristique,* » qui les regarde comme étant le résultat de l'expérience. Après avoir résumé les divers arguments fournis à l'appui de chacun des deux systèmes ainsi que les objections qu'ils ont soulevées, il procède, suivant son opinion, à prouver l'exactitude de la première de ces théories. Il montre premièrement les conséquences qui résultent *à priori* de l'adoption de cette théorie ; secondement, l'accord qui existe précisément entre ces conséquences et les résultats de certaines expériences sur la vision ; et, troisièmement, la facilité avec laquelle cette théorie dans la forme sous laquelle il la présente explique tous les phénomènes bien démontrés de la vision binoculaire.

[1] *Archives des Sciences physiques et natur.*, 1871, tome XL, p. 105.

L'idée, la plus surprenante par sa nouveauté que renferme le mémoire de M. Pictet, est l'hypothèse relative à l'existence d'*images d'illusion* dans tous les cas de vision. C'est *ce fait* qu'il croit être une conséquence naturelle de la théorie nativistique ; c'est *ce fait* qu'il cherche à prouver par toutes ses expériences, et c'est au moyen de *celles-ci* qu'il résout toutes les questions sur la vision binoculaire. Maintenant, bien que je croie que l'évidence est accablante en faveur de la théorie nativistique et de l'opinion qui considère les points correspondants comme congénitaux, je suis néanmoins parfaitement sûr que l'existence des images d'illusion de M. Pictet, par suite même de leur nature, ne peut pas être prouvée, et que tous les phénomènes, qu'il considère comme des preuves à l'appui, peuvent être facilement expliqués par les lois connues de la vision binoculaire. C'est pourquoi, laissant de côté les nombreuses et très-intéressantes questions que M. Pictet aborde dans ce travail si plein d'aperçus nouveaux, je me bornerai à l'étude des images d'illusion, mon but étant uniquement de retirer la théorie de la vision binoculaire de la confusion dans laquelle elle a été jetée par l'introduction de cette nouvelle idée.

Afin d'expliquer le fait d'une vision simple avec les deux yeux, Müller supposa que les fibres nerveuses qui ont leurs extrémités *périphériques* aux points identiques des deux rétines se soudent au centre en *une seule fibre* ou *se terminent dans la même cellule du cerveau*. M. Pictet admet que la théorie nativistique ne dépend en aucune façon de cette supposition, cette théorie ayant seulement pour but de démontrer que l'existence des points correspondants est un fait congénital, quelle que soit la disposition organique dont ils résultent. Néanmoins, tous ses raisonnements sont basés sur *une connexion* entre les

fibres correspondantes, laquelle est tout à fait *équivalente* à la *fusion* de Müller ; c'est cette connexion que toutes ses expériences ont pour but de prouver. Pour M. Pictet, les fibres correspondantes se comportent de même dans toutes les circonstances imaginables, et par conséquent *sont* en réalité *une seule fibre* bifurquée.

Supposant alors une structure anatomique qui équivaut à la fusion des deux fibres correspondantes en une seule dans le cerveau, M. Pictet procède à montrer que (suivant la loi physiologique bien connue qui renvoie toutes les impressions reçues par les centres nerveux aux extrémités périphériques des fibres nerveuses) une impression reçue par un point quelconque *d'une des rétines* étant transmise au cerveau doit nécessairement être de là renvoyée aux *deux* extrémités de la fibre bifurquée, c'est-à-dire aux points correspondants *des deux rétines*. Par conséquent, si les rayons lumineux d'un objet s'impriment sur la *rétine d'un œil*, l'impression transmise au cerveau doit être renvoyée *également aux deux yeux*, produisant ainsi *deux images extérieures identiques* dans le champ visuel ; l'une, une *image vraie* produite par l'impression lumineuse sur la rétine d'un des yeux ; l'autre, *une image d'illusion*, une image subjective, réfléchie du point de soudure dans l'encéphale, sur la rétine de l'autre œil. Ainsi donc, suivant M. Pictet, même quand nous *fermons un œil*, nous *voyons* encore, en quelque sorte, les *objets avec les deux yeux*, parce qu'il y a une image vraie appartenant à l'œil ouvert, et une image d'illusion appartenant à l'œil fermé. Ces deux images sont *identiques* et vues à la *même place*. Les effets stéréoscopiques ne sont pas observés dans la vision monoculaire par la raison seulement que ces deux images sont *parfaitement identiques* et *parfaitement unies*.

Il est facile de juger combien, à cause de cette identité parfaite et de cette union inséparable de l'image vraie et de l'image d'illusion, il serait difficile pour ne pas dire impossible et partant futile d'essayer de prouver l'existence de ces dernières. Néanmoins, M. Pictet expose avec détails plusieurs expériences qui prouvent, à ce qu'il croit d'une manière péremptoire, l'existence de ces images d'illusion dans chaque cas de vision. Je désire montrer que les phénomènes qui ont eu lieu dans les expériences de M. Pictet peuvent être expliqués sans avoir recours aux images d'illusion. Je crois cependant nécessaire d'exposer auparavant certains principes généraux de la vision binoculaire dont je me servirai pour cette explication, renvoyant le lecteur, pour plus de détails et de preuves, à mes précédents mémoires [1]. Dans cet article, je désignerai ces principes par les numéros sous lesquels ils sont donnés ci-après.

1. Les impressions produites par les *images rétiniennes lumineuses* sont transmises au cerveau et sont, en vertu d'une loi physiologique, renvoyées au dehors et vues là comme étant des *images extérieures.* Chaque œil a son *champ visuel propre* rempli de ses *propres images.* Comme ces images sont en général vues doubles, il sera souvent préférable de les considérer, non pas comme des *objets*, mais comme des *images* extérieures, qui sont les signes des objets. Nous ne voyons un objet, *simple* et dans sa *position vraie* que quand les deux images produites par cet objet sont *superposées.* Cela a lieu lorsque les deux images *lumineuses* tombent sur des *points correspondants.* Les deux images rétiniennes des points correspondants

[1] *Amer. Journal*, II, vol. 47, pages 68, 153; III, vol. 1, page 33; vol. 2, page 1.

sont vues extérieurement comme une seule image ou un seul objet. Il est vrai qu'on pourrait admettre qu'il y a là réellement une *image unique* indiquant la fusion des fibres nerveuses correspondantes; mais puisque nous pouvons faire mouvoir les deux images du *même objet*, les amener près l'une de l'autre, les unir en partie ou les unir même complétement si nous le désirons; puisque, de plus, nous pouvons prendre des images de *différents objets* et les superposer; même, si elles sont semblables, les unir de manière à les faire paraître comme fournies par *un* seul objet, il est préférable d'envisager la vision simple comme étant le résultat de la superposition de *deux images*, parce que cela explique plus facilement le phénomène visuel.

2. Dans le cas de la vision binoculaire avec les axes optiques parallèles, c'est-à-dire lorsqu'on regarde un objet éloigné, le champ visuel tout entier et les objets qui y sont, y compris les parties visibles de la figure de l'observateur, sont transportés à gauche par l'œil droit de la moitié de l'espace interoculaire, et à droite par l'œil gauche de la même quantité, sans que la position relative des différentes parties en soit altérée. De telle sorte que les deux yeux et leurs lignes visuelles paraissent se réunir au milieu pour former *un seul œil binoculaire* et une *seule ligne visuelle médiane,* le long de laquelle l'œil semble regarder.

Tout contour, qu'il soit arrondi ou plat, qui se trouve dans la ligne médiane, à commencer par le nez lui-même, est doublé *hétéronymiquement* [1] et apparaît comme deux

[1] Dans le manuscrit anglais qu'il nous a envoyé, l'auteur emploie les mots *homonymous*, *homonymously* pour exprimer qu'une image est de *même nom* que l'œil auquel elle appartient, c'est-à-dire que l'image

contours ronds ou plats parallèles l'un à l'autre et séparés par un espace exactement égal à l'espace interoculaire. C'est comme si les yeux réunis regardaient l'objet éloigné entre deux nez, et entre deux surfaces parallèles rondes ou planes en suivant la direction des deux lignes visuelles réunies. Il va sans dire que par cette translation des deux champs visuels, tous les objets sont doublés de la même manière.

De cette façon, dans la vision binoculaire, les deux yeux *semblent* être véritablement superposés et les points correspondants coïncider deux à deux. Cette réunion des yeux et de leurs lignes visuelles est la conséquence nécessaire de l'existence des points correspondants. On définit les points correspondants en disant que ce sont ceux dont les images sont vues simples, or tous les objets sur les lignes visuelles doivent impressionner des points correspondants, et par conséquent les lignes visuelles elles-mêmes, si elles étaient visibles, seraient vues simples. Ceci ne peut avoir lieu que si elles se combinent pour former au milieu une ligne visuelle en apparence unique.

3. Quand on tourne ses yeux dans une direction quelconque sans en altérer la convergence, les objets paraissent rester stationnaires, et les lignes visuelles semblent se mouvoir et passer sur eux. Mais lorsqu'on tourne ses yeux dans des *directions opposées*, en les faisant converger fortement, *la ligne visuelle semble rester*

donnée par l'œil droit est à droite, l'image fournie par l'œil gauche à gauche, ou bien que le déplacement latéral d'une image tend à la ramener du côté de l'œil qui l'a fournie, l'image de l'œil droit marchant vers l'œil droit, l'image de l'œil gauche vers l'œil gauche. Les mots *heteronymous*, *heteronymously* expriment le contraire. Pour rendre ces idées, nous avons introduit dans cette traduction les mots *homonymique*, *homonymiquement*, *hétéronymique* et *hétéronymiquement*. (*Réd.*)

stationnaire (c'est-à-dire qu'il nous semble que nous regardons dans la même direction), et tous les objets ou plutôt *les images semblent se mouvoir dans une direction contraire au mouvement réel de l'œil*; le champ visuel tout entier de chaque œil, avec toutes ses images, accomplit sa rotation autour du centre optique dans un sens contraire à la rotation de l'œil. On peut voir cela clairement en faisant converger volontairement et fortement ses yeux sur un point imaginaire rapproché et en surveillant en même temps le mouvement des images plus éloignées. Le champ de l'œil droit tout entier, avec toutes ses images, accomplit sa rotation à droite et celui de l'œil gauche à gauche, c'est-à-dire homonymiquement. Les images de tous les objets sont successivement amenées en face et superposées à mesure que les lignes visuelles des deux yeux passent successivement sur eux. Si nous pouvions tourner nos yeux en dehors, les champs et leurs images se mouvraient hétéronymiquement. Cela peut être constaté à un faible degré lorsqu'on s'endort [1]. Ainsi, même dans le cas où les deux yeux sont tournés en dehors, les deux lignes visuelles se réunissent en face de l'observateur, et les objets placés sur elles sont reportés en face aussi et superposés. Ceci résulte nécessairement des propriétés des points correspondants ; mais je l'ai prouvé aussi par des observations faites sur des personnes qui tournaient naturellement les yeux légèrement en dehors.

Dans la vision binoculaire, il se produit donc deux déplacements *apparents* des champs visuels : 1° une *translation hétéronymique* de chaque champ visuel sur une distance égale à la moitié de l'espace interoculaire ; elle est involontaire et habituelle et suffirait à elle seule pour

[1] J'espère donner prochainement la preuve de ceci.

doubler tous les objets *hétéronymiquement ;* 2° dans le cas de convergence oculaire, une *rotation homonymique* de chaque champ visuel autour du centre optique. Les conséquences nécessaires de ces mouvements sont : *a*) que les *deux images* d'un objet placé au point de vue sont superposées si l'objet est vu simple ; les objets en deçà du point de vue sont doublés hétéronymiquement, tandis que les objets au delà du point de vue sont doublés homonymiquement ; *b*) que tous les différents objets placés sur les lignes visuelles soit en deçà soit au delà du point de vue ont deux de leurs images (une de chaque) superposées : de sorte que *dans toutes les circonstances* les deux lignes visuelles se combinent de manière à former une ligne visuelle binoculaire partant des yeux réunis pour aller passer au point de vue et continuer au delà jusqu'à l'infini.

Dans un article publié dans le numéro de janvier du *Journal Américain* [1], j'ai insisté sur la nécessité de représenter, à l'aide d'une série de diagrammes, ces différents phénomènes de la vision binoculaire, afin d'éviter les erreurs qui se glissent si facilement dans ce sujet. Je proposai alors un nouveau système de figures que je vais maintenant expliquer en renvoyant à l'article susmentionné pour de plus amples informations.

Si on place une baguette mince ou un fil *m* dans le plan médian avec une de ses extrémités sur la racine du nez *n* (Pl. III, fig. 1), et qu'on regarde un horizon lointain de manière à ce que les lignes visuelles *v v* soient parallèles, le résultat obtenu sera représenté par la fig. 2, dans laquelle O représente les yeux réunis, V les lignes visuelles combinées, *n* et *n'* les deux images du nez limitant de chaque côté le champ visuel commun, et *m* et *m'* les images hété-

[1] *Amer. Journal*, III, vol. 1, page 33.

ronymiques de la baguette médiane. Si les lignes visuelles *vv* (fig. 1) étaient des lignes matérielles existant réellement, nous les verrions réunies au milieu comme V dans la fig. 2; mais nous verrions aussi deux autres lignes *v v'* qui seraient la ligne visuelle de l'œil gauche vue par l'œil droit, et celle de l'œil droit vue par l'autre. J'ai donné aussi ces figures afin de mieux montrer la superposition des deux champs visuels. Pour abréger, convenons que j'emploierai, dans la fig. 2 et dans toutes les figures suivantes représentant des *phénomènes de vision,* des *lettres majuscules* pour désigner les images *combinées* ou les objets vus simples; des *petites lettres italiques* pour désigner les images de *l'œil droit*, des lettres semblables seulement avec un *accent* pour les images de *l'œil gauche,* et des droites pointillées pour représenter les lignes visuelles.

Si maintenant nous faisons converger les yeux de manière à regarder le point A sur la baguette médiane *m m,* fig. 1, la fig. 3 représentera la position relative vraie des différents objets à considérer dans ce cas particulier, et la fig. 4 le résultat obtenu. Quand on compare soigneusement cette figure avec la figure 2 la rotation des champs visuels devient évidente, ainsi que le redoublement homonymique au delà du point de vue.

Examinons maintenant les expériences de M. Pictet à l'aide des lumières que ces faits nous fournissent. Je ne dirai rien pour le moment de ce qu'il considère apparemment comme ses expériences les plus décisives, mais je m'occuperai d'abord du phénomène général des *images doubles,* parce que, quand la nature de celles-ci sera bien comprise, tout ce qui suit en deviendra clair.

Si nous plaçons un doigt devant nos yeux et que nous regardions au delà la paroi de la chambre, nous verrons

deux images hétéronymiques du doigt, séparées par un intervalle presque égal à l'espace interoculaire. Considéré comme problème de géométrie, ce fait s'explique suffisamment par le déplacement parallactique du doigt, lorsqu'il est vu par les deux yeux; pris comme une question de vision binoculaire, ce fait s'explique par la superposition hétéronymique des champs visuels des deux yeux, ainsi que je l'ai montré dans les figures 1 et 2 de ce paragraphe. Mais les images, dans ce cas, sont *transparentes*, M. Pictet insiste beaucoup sur ce fait. « C'est, dit-il, un point essentiel que nous n'avons pas trouvé dans les travaux de physiologie optique » (p. 105). Il l'explique comme suit: Il y a une portion de la paroi de la chambre qui n'envoie pas de rayons lumineux à l'œil droit (c'est celle qui est couverte par l'image du doigt tel que le voit l'œil droit), mais cette portion de la paroi impressionne l'œil gauche, et cette impression est transmise à l'œil droit, qui la perçoit à la même place comme image d'illusion. Le doigt paraîtra donc transparent à l'œil droit, parce que, grâce à cette image d'illusion, il voit la paroi derrière lui. L'explication est naturellement la même pour l'image du doigt vue par l'œil gauche. Nous interprétons ce fait tout autrement que M. Pictet, et nous croyons que la raison pour laquelle la transparence des images doubles a été si peu étudiée par les divers auteurs tient précisément à la facilité avec laquelle elle se conçoit. Voici notre explication. Nous voyons *toutes* les parties de la paroi, parce qu'*aucune* partie n'est cachée à nos *deux* yeux. Les images doivent paraître transparentes, puisqu'elles ne cachent rien à *l'observateur*. M. Pictet dirait que l'image de l'œil droit ne cache rien à l'œil droit, l'image de l'œil gauche rien à l'œil gauche, et que, par conséquent, les parties couvertes par ces images doivent être vues, par l'œil corres-

pondant, au moyen d'images d'illusion ; *nous* nous disons qu'une partie de la paroi *est* cachée à l'œil droit (celle sur laquelle tombe l'image de l'œil droit), mais que cette partie est visible à l'œil gauche; semblablement une partie de la paroi *est* cachée à l'œil gauche, mais cette partie est visible à l'œil droit. M. Pictet dirait, et il dit en effet, que toutes les parties de la paroi sont vues par les deux yeux, tant par une image vraie que par une image d'illusion ; *nous* disons que toutes les parties de la paroi sont vues, non par chaque œil, mais par l'*observateur binoculaire ;* ce n'est pas que certaines parties soient vues comme *images vraies,* et certaines autres comme *images d'illusion;* mais toutes sont vues comme *images vraies.*

Si au lieu d'un doigt nous nous servons d'un écran large de plusieurs pouces (plus large que l'espace interoculaire), les images doubles ne se sépareront pas alors entièrement. Elles se recouvriront hétéronymiquement sur un espace égal à l'espace interoculaire. La partie commune sera opaque, parce qu'elle couvre une portion de la paroi qui est cachée aux deux yeux; le reste sera transparent. Le résultat qui s'obtient dans ce cas est représenté dans la figure 5, dans laquelle EE est l'image de l'œil droit E′ E′ l'image de l'œil gauche et E′ E la portion commune. Ces faits sont indiqués dans les figures 6 et 7 d'une manière qui fait mieux comprendre mon idée ; figure 6 représente la position réelle des différents objets, et figure 7 le résultat obtenu. Le phénomène sera plus clair si la ligne médiane *m* est occupée par une tige matérielle. Si maintenant les axes optiques convergent, ainsi que nous l'avons déjà expliqué (3), ces images glisseront l'une sur l'autre par une translation *homonymique* ; les bords transparents se rétréciront, et la partie opaque s'étendra de plus en plus,

jusqu'à ce que le point de vue soit sur l'écran (fig. 8); à ce moment les images se fondront complétement et l'écran deviendra entièrement opaque. Le résultat obtenu dans ce cas-là est représenté par la figure 9.

Si ensuite nous nous servons de *deux* doigts, un de chaque main, et que nous regardions de nouveau la paroi, nous verrons quatre images, transparentes toutes les quatre. Puis en rapprochant ou écartant les deux doigts jusqu'à ce que les deux images du milieu se réunissent, nous arriverons à n'avoir que trois images, celle du milieu *opaque* et les deux autres transparentes. La cause de ce fait est évidente. L'image du milieu est opaque parce qu'elle cache une portion de la paroi *aux deux yeux* à la fois. Cette portion de la paroi est cachée à l'œil droit par le doigt de la main droite et à l'œil gauche par le doigt de la main gauche. L'image du doigt de la main droite vu par l'œil droit et l'image du doigt de la main gauche vu par l'œil gauche sont superposées et forment l'image *opaque* du milieu, tandis que l'image gauche qui est celle du doigt de la main gauche vu par l'œil droit, et l'image droite qui est celle du doigt de la main droite vu par l'œil gauche sont toutes deux *transparentes*. Dans la vision binoculaire, les *images superposées* des objets opaques sont *toujours opaques*, tandis que les *images simples* sont *toujours transparentes.*

Les principes (1, 2, 3) exposés au commencement de cet article, ainsi que l'explication des images doubles transparentes que nous venons de donner ici, fournissent, croyons-nous, la clef de toutes les expériences de M. Pictet. Nous en ferons l'application à celles seulement qu'il croit être les plus concluantes pour l'existence des images d'illusion. Nous allons exposer d'abord ses expériences et ses conclusions aussi exactement que possible, puis nous don-

nerons ensuite notre propre explication. Voici les expériences que M. Pictet trouve concluantes.

Placez dans le plan visuel médian un écran opaque *m* E, dont la tranche s'applique sur le nez, *n*, fig. 10, de telle sorte que l'objet placé en A soit visible pour les deux yeux; puis mettez ensuite un second écran C, perpendiculaire à la ligne visuelle A D de l'œil droit, afin d'empêcher les rayons de A d'arriver à l'œil droit. L'objet en A semblera néanmoins être vu *à travers l'écran opaque* C qui, pour cette raison, paraîtra *transparent,* et on pourra même dessiner nettement l'esquisse de l'objet sur l'écran en *b* au point *exact où la ligne visuelle de l'œil droit traverse l'écran,* là précisément où on le verrait avec l'œil droit et où on pourrait en tracer l'esquisse si l'écran était transparent. M. Pictet pense que ceci est absolument inexplicable, à moins que l'on ne suppose que nous voyons réellement avec *l'œil droit* une image d'illusion au point A, et que c'est le contour de celle-ci que nous esquissons sur l'écran au point *b;* l'écran paraissant transparent parce que l'image d'illusion est vue derrière.

Mais M. Pictet donne une autre expérience qu'il croit encore plus concluante. Sur une feuille de papier étendue sur une table on pose une pièce de monnaie, puis juste à côté à droite on place un écran qui devra s'appliquer par sa tranche contre la figure de l'observateur en occupant le plan visuel médian, de façon à *intercepter la vue de l'œil droit.* Néanmoins, en dirigeant le regard sur la pièce de monnaie, « on voit que l'écran vertical paraît transparent dans sa totalité et qu'il permet à l'œil droit de distinguer la pièce comme à travers une surface des plus diaphanes » (P. 125). « Si alors... on donne aux axes optiques une direction plus parallèle,... on voit l'image d'illusion de l'œil droit s'acheminer graduellement vers la

droite, traverser la ligne d'intersection de l'écran et de la table, et venir se projeter de l'autre côté sur le papier blanc, où l'on peut en faire un tracé très-correct. » (*Ibid.*) Afin de représenter ces faits plus clairement, je donne le diagramme fig. 11. Dans cette figure D et G sont les deux yeux, *p p* la feuille de papier, A G la ligne visuelle de l'œil gauche, *m* E l'écran médian, A D la ligne visuelle de l'œil droit quand on regarde la pièce de monnaie A et qu'il semble qu'on la voie à travers l'écran *m* E, D *b* la ligne visuelle de l'œil droit quand les axes optiques deviennent parallèles, et *b* le point précis où la ligne visuelle traverse le papier, la place où le contour de la pièce de monnaie peut être tracé. L'image se meut à droite ou à gauche suivant la position des axes optiques, étant toujours là où la ligne visuelle traverse le papier. Mais la position la plus avantageuse des axes optiques est le parallélisme; car, dit M. Pictet, « *c'est celle qui écarte le plus l'image d'illusion de l'image réelle.* » Je suis surpris que M. Pictet n'aie pas réfléchi que devant se trouver, suivant son propre principe, sur les points correspondants l'image d'illusion, s'il y en a une, *ne peut pas être séparée de l'image réelle;* et qu'*on ne voit, en réalité, qu'une seule image.*

Mais, de plus, si on place sur la ligne visuelle D *b* de l'œil droit, et perpendiculairement à cette ligne une lentille convexe, l'image en *b* n'est pas modifiée, mais le tracé qu'on fait de cette image se trouve diminué et est d'autant plus petit que la lentille grossit davantage; l'image n'est pas grossie, mais le dessin l'est; et M. Pictet conclut de là que *l'image de la monnaie* est une image *d'illusion* ou subjective tandis que *l'image du papier et du tracé est réelle.* Si la lentille est placée devant l'œil gauche, l'image est grossie, et cela suivant M. Pictet, parce qu'elle

est alors le *fac simile illusoire pour l'œil droit* de l'image réelle grandie vue par l'œil gauche.

Voici un exemple de plus que M. Pictet donne comme preuve à l'appui de son opinion. En tenant les deux yeux ouverts, on peut dessiner très-nettement sur une feuille de papier placée à côté du tube du microscope les objets qui sont au foyer. Ou, mieux encore, si on place dans un stéréoscope une carte stéréoscopique dont une des moitiés porte une vue et dont l'autre soit vide, on pourra dessiner la vue sur la partie blanche de la carte. Selon M. Pictet, la lumière impressionne un des yeux, et cette impression est transmise à l'autre œil par une image d'illusion qui est extériorisée juste à l'endroit où la ligne visuelle traverse la carte.

Telles sont les plus importantes des expériences sur lesquelles M. Pictet fonde sa croyance aux images d'illusion. Ces phénomènes me sont familiers depuis nombre d'années, et j'ai souvent aussi employé la méthode recommandée par lui, et qui consiste à tracer le contour des objets vus au microscope ; mais mon explication est entièrement différente de la sienne. Si l'idée de M. Pictet est juste, si dans les expériences que nous venons d'exposer, on trace réellement le contour d'une *image d'illusion* appartenant à *l'œil droit*, où est alors *l'image vraie* appartenant à l'œil gauche ? on ne voit qu'une seule image. M. Pictet, pour être d'accord avec ses principes, devrait répondre qu'étant sur les points correspondants, les deux images sont parfaitement réunies. Alors pourquoi appeler l'image que nous esquissons, une image d'illusion ? La vérité est que, dans tous les cas, nous traçons l'esquisse de l'*image vraie* vue par *l'œil gauche;* quoique d'après les principes posés au commencement de cet article on dessine le contour de

l'objet par suite des propriétés des points correspondants, à une *place différente de la sienne.*

Pour donner ma propre explication des phénomènes observés par M. Pictet, je commencerai par l'expérience faite avec la pièce de monnaie. Si M. Pictet avait fait cette expérience *sans* l'écran médian, il me semble que la vraie explication n'aurait pas pu lui échapper. Essayons-là donc sous cette forme.

Si on place une pièce de monnaie sur une feuille de papier étendue sur la table et qu'on regarde en bas dans la direction de la pièce, en fixant dans le vide on voit deux images *hétéronymiques a, a'* (fig. 12) séparées par un intervalle égal à l'espace interoculaire.

Si on essaye alors de les esquisser, on voit aussi *deux images du crayon.* Si on se sert de l'image du crayon fournie par l'œil droit (image gauche) *p* pour dessiner l'image de l'œil gauche (image droite) de la pièce de monnaie *a'* : on verra un crayon traçant le contour *b* de l'image *a'*, et un autre crayon traçant l'esquisse *b'*, à une place où il n'y a pas de monnaie. Si on examine maintenant le résultat de cette expérience, on trouve que le contour qu'on a tracé B (fig. 13) est à quelque distance (un espace interoculaire) à droite de la pièce de monnaie A. L'explication de ce fait est simple. En regardant dans le vide, le champ visuel est, ainsi que nous l'avons déjà démontré (2) par la loi des points correspondants, transporté hétéronymiquement par chaque œil d'un demi-espace interoculaire. L'image de l'œil gauche de A (*a'* fig. 12) et l'image de l'œil droit du point B (esquisse *b'*, fig. 12) sont par conséquent amenées l'une vers l'autre et superposées ; tandis que l'image de l'œil droit de A (*a*, fig. 12) et l'image de l'œil gauche de l'esquisse B (*b'*, fig. 12) sont vues respectivement à droite et à gauche. C'est

précisément la même chose que dans le cas de la superposition des images doubles des deux doigts dont nous avons parlé p. 405. Si, au lieu de se servir de l'image du crayon fournie par l'œil droit pour dessiner l'image de la pièce de monnaie telle que la donne l'œil gauche, on s'était servi des images correspondantes du crayon et de la pièce, c'est-à-dire l'image de l'œil droit ou l'image de l'œil gauche des deux, on aurait *placé le crayon sur la monnaie.* Enfin, si on se sert de l'image (*p*, fig. 12) du crayon vue par l'œil gauche pour dessiner l'image *a* de la pièce de monnaie telle que la donne l'œil droit, on trouve qu'on a fait une esquisse à *une demi-distance interoculaire à gauche*, et le résultat des deux expériences consiste en deux esquisses à un double espace interoculaire l'une de l'autre.

Avec le mode d'expérimentation de M. Pictet, on supprime, par l'usage qu'on fait de l'écran, l'image *a* (fig. 12) de la monnaie produite par l'œil droit, ainsi que l'image p' du crayon, telle que la donne l'œil gauche, et on ne voit, par conséquent, que l'image a' de la monnaie vue par l'œil gauche, et l'image *p* du crayon appartenant à l'œil droit ; celles-ci étant sur les lignes visuelles des deux yeux sont réunies, suivant la loi des points correspondants, de la même manière que les deux vues d'une carte stéréoscopique, ou de la même manière que deux objets quelconques séparés par un obstacle interoculaire sont superposés quand on regarde un point éloigné. Si M. Pictet *s'était servi de sa main gauche pour dessiner*, il se serait servi des images correspondantes du crayon et de la pièce de monnaie, et il aurait trouvé qu'en essayant de dessiner son image *d'illusion, il mettait son crayon sur la pièce de monnaie.*

La figure 14 donne la disposition vraie des différents objets dans l'expérience *sans* l'écran médian, et la figure

15 représente le résultat obtenu tel que je le comprends. Les figures 16 et 17 représentent l'une les données, l'autre le résultat de l'expérience faite *avec* l'écran. En comparant les résultats consignés dans les figures 15 et 17, on verra que les images additionnelles *a p'* sont retranchées par l'écran médian.

Il devient évident, par cela même, que dans les expériences de M. Pictet l'image qu'on voit et dont on trace le contour n'est pas une *image d'illusion* vue par *l'œil droit*, mais une *image vraie* vue par *l'œil gauche*. Le crayon est vu par l'œil droit, et les deux objets, c'est-à-dire le crayon et la monnaie, étant sur les lignes visuelles, sont réunis d'après la loi des points correspondants. M. Pictet pourrait aussi bien considérer l'image du crayon comme une image d'illusion vue par l'œil gauche, car le crayon et la monnaie sont placés des deux côtés de l'écran, précisément de même relativement aux deux yeux.

Si on regarde directement la monnaie (fig. 11), « on voit, dit M. Pictet, que l'écran vertical paraît transparent dans sa totalité et qu'il permet à l'œil droit de distinguer la pièce comme à travers une surface des plus diaphanes. » Mais il y a *deux* écrans transparents, l'un vu par l'œil droit et que M. Pictet remarque [1], tandis que l'autre échappe apparemment à son observation. La vérité est que, quand on regarde la pièce, les images doubles hétéronymiques de l'écran médian *ms* se rencontrent à la distance du point de vue. La disposition vraie de l'expérience a déjà été donnée par la fig. 11, dans laquelle A D et A G sont des lignes visuelles convergeant sur la pièce A. Le résultat est in-

[1] Il semble que l'œil droit jouisse d'une dextérité particulière ; car dans le cas des images doubles un grand nombre de personnes négligent l'image de l'œil gauche.

diqué à la figure 18. On voit que la ligne visuelle de l'œil droit s'arrête à l'image de l'écran *m* E, qui appartient à l'œil droit, tandis que la ligne visuelle de l'œil gauche marche parallèlement à l'image de l'écran *m'* E' qui lui appartient, sans rencontrer d'obstacle, jusqu'à son image de la monnaie *a'*. M. Pictet dit encore : « Si alors on donne aux axes optiques une direction plus parallèle, on voit l'image d'illusion de l'œil droit s'acheminer graduellement vers la droite, traverser l'écran et venir de l'autre côté. » Mais ici encore il n'observe pas qu'on voit *deux* écrans, et c'est encore l'image de l'œil gauche qu'il néglige. Quand les deux yeux deviennent parallèles, les deux images de l'écran, *m e* et *m' e'*, s'écartent graduellement jusqu'à ce qu'elles soient parallèles, et on voit la pièce entre les deux, ainsi que nous l'avons déjà montré, fig. 17. *La pièce de monnaie ne change en rien sa position relativement à l'écran vu par l'œil gauche,* seulement à gauche de l'écran vient se mettre son image vue par l'œil droit. Si M. Pictet plaçait une autre pièce de monnaie à droite de l'écran à la place exacte où il a tracé son esquisse il verrait les deux pièces se réunir en une seule, précisément comme des vues stéréoscopiques. Suivant les principes de M. Pictet, ceci doit être considéré comme l'union de deux images d'illusion, je demanderai donc, où sont alors les images vraies ?

Il est maintenant facile de comprendre pourquoi, dans l'expérience de M. Pictet, quand on place une lentille devant *l'œil droit,* l'image n'en est pas affectée, ce n'est pas parce que c'est une image d'illusion, mais parce que c'est l'image de *l'œil gauche.* Mais si on fait l'expérience sans l'écran, on verra l'image vraie de l'œil droit (*a*, fig. 12) à gauche et elle *sera* agrandie. Il va sans dire que l'expérience qui consiste à esquisser des objets vus au mi-

croscope s'explique précisément de la même manière, ainsi que la possibilité de tracer sur la moitié encore blanche d'une carte stéréoscopique une vue qui se trouve sur l'autre moitié.

Je pourrais éclaircir encore ce sujet de plusieurs manières, mais cela ne me paraît guère nécessaire. Je remarquerai seulement en passant que, d'après le principe du mouvement des champs visuels posé au § 3, on peut sans peine, en louchant volontairement, tracer, sur la partie qu'on veut d'une feuille de papier, le contour d'une pièce de monnaie. On place la pièce de monnaie sur une feuille de papier étendue sur la table. Puis on place le crayon sur un point quelconque de la feuille où on désire tracer l'esquisse, cela peut être à 4, 6, 10 ou 12 pouces de la pièce. On ramène enfin en louchant l'image de la pièce vue par l'œil droit et l'image du crayon vue par l'œil gauche l'une vers l'autre et on trace le contour de la première.

Il est un peu difficile de faire rester les axes optiques immobiles et par conséquent de tracer nettement le contour au point de convergence optique (point de vue) sans regarder un objet. Je mentionne cela seulement comme un exemple de dessins faits à une certaine distance de l'objet. Il est clair que, dans ce cas, l'écran médian est inadmissible.

Le phénomène qui a lieu dans la première des expériences de M. Pictet (fig. 10) s'explique maintenant facilement. Si on n'emploie *pas* d'écran médian, la figure 19 représentera la disposition de l'expérience, et la figure 20 le résultat obtenu. On verra, en comparant les deux figures, que les lignes visuelles *v v* sont réunies de telle façon que l'image de *l'œil gauche* de A et l'image de l'œil droit du point *b* et du crayon *p* (fig. 19) sont amenées

sur la même ligne dans la figure 20; mais l'image de l'œil gauche du point *b* et du crayon *p* (fig. 19) sont vues à droite *b' p'* (fig. 20). Si on essayait d'employer *p'* au lieu de *p* pour faire l'esquisse, on manquerait l'écran sur lequel il s'agit de dessiner. Dans l'expérience de M. Pictet avec l'écran médian (fig. 10), cet écran cache les images de l'œil gauche du point *b* et du crayon, de sorte qu'on n'a que l'image de l'œil gauche de l'objet A et l'image de l'œil droit du point *b*, et celles-ci sont amenées à coïncider suivant la loi des points correspondants. Le résultat est représenté par la figure 21. Dans toutes ces figures, j'ai indiqué l'opacité de l'écran en arrêtant la ligne visuelle de l'œil droit à l'écran.

Afin de montrer l'étrange confusion que fait M. Pictet, j'attirerai l'attention sur le fait que, dans ses expériences décrites (p. 402) sur la transparence des images doubles, aussi bien que dans la dernière que nous avons expliquée, les images doubles sont regardées comme *réelles*, tandis que la vision des objets placés en arrière, laquelle semble être, en effet, de la transparence, est attribuée à une illusion. Dans l'expérience faite avec la pièce de monnaie, c'est au contraire une des images doubles qui est regardée comme étant d'illusion.

Il est inutile de suivre M. Pictet dans toutes ses expériences, car la même explication s'applique à toutes. Il est un point, cependant, que je désire examiner un peu plus longuement : c'est le relief binoculaire. Je voudrais montrer la fausseté de l'opinion de M. Pictet et exposer en même temps, plus nettement que je ne l'ai encore fait jusqu'ici, mes propres idées sur cet important sujet.

M. Pictet croit que dans tout acte de vision binoculaire il se forme *quatre images extérieures ;* que chaque œil a sa propre image réelle produite par l'image rétinienne lu-

mineuse, et son image d'illusion résultant de l'image réelle de l'autre œil et identique à celle-ci; que de même que les deux images vraies diffèrent légèrement l'une de l'autre étant prises de points de vue différents, leurs deux *fac simile,* les deux images d'illusion diffèrent aussi; et nécessairement aussi que l'image réelle et l'image d'illusion de chaque œil diffèrent entre elles précisément comme les deux images réelles ou les deux images d'illusion. Il croit que *la perception du relief est le résultat de la comparaison faite par chaque œil entre son image réelle et son image d'illusion.* Il est impossible de comprendre quel avantage cette théorie, basée sur l'idée de M. Pictet, que l'image réelle et l'image d'illusion de chaque œil diffèrent entre elles précisément comme les images réelles des deux yeux, a sur celle plus usitée et plus simple de MM. Prevost et Brücke. Du reste M. Pictet ne regarde pas l'existence des quatre images comme une conception plus ou moins avantageuse, mais comme une question de fait. « Une construction géométrique bien simple nous montre ainsi quatre images identiques deux à deux. » Je reproduis ici la figure de M. Pictet démontrant ce point. Les deux tracés en lignes pleines A et B, figure 22, représentent deux projections d'un cône tronqué tel qu'il est vu par l'œil gauche et par l'œil droit respectivement. Les deux bases supérieures, représentées par les plus petits triangles, sont identiques dans les deux figures; elles sont aussi communes à deux autres figures dont tout le reste est pointillé et qui sont tracées de telle sorte que celle d'entre elles qui est en A, soit le *fac simile* de la figure en trait plein B et vice versâ. Ces quatre figures représentent exactement, suivant M. Pictet, les quatre images qui se forment quand on regarde un cône tronqué simple, les lignes pleines étant les images vraies et les lignes pointillées les images d'illusion.

« Car, dit-il, si l'on fusionne en une seule image ces quatre contours, on éprouve instantanément l'impression du corps lui-même, et l'on voit qu'en effet *les traits pointillés sont recouverts par les traits pleins* dans l'image binoculaire, *ce qui confirme notre déduction.*» (P. 141.)

Maintenant, comment pourrait-il en être autrement suivant la théorie habituelle, c'est-à-dire celle de Brücke, A. Prevost et Brewster ? Par la construction, la partie pointillée de chacune des deux figures est le *fac simile* de la portion en traits pleins de l'autre, de telle sorte que, quand on réunit leur base commune, les petits triangles, les lignes pleines d'une des figures *doivent* coïncider avec les lignes pointillées de l'autre.

M. Pictet n'a donc représenté avec ses traits pointillés dans *chacune* de ses figures que ce qui doit avoir lieu dans la *combinaison* binoculaire de ses *deux figures à traits pleins,* même sans lignes pointillées; c'est-à-dire le redoublement des lignes des plus grands triangles ou des bases inférieures, quand les plus petits triangles ou bases supérieures sont réunis. C'est là un fait bien connu de tout observateur soigneux et qui fait le fondement de la théorie de Brücke.

Brücke, A. Prévost et Brewster expliquent la perception du relief par des changements rapides de convergence optique, au moyen desquels les différentes parties des deux images dissemblables du même objet ou des deux vues stéréoscopiques sont successivement réunies deux à deux. Dans les figures à traits pleins de M. Pictet, par exemple, quand les plus petits triangles sont réunis, les lignes des plus grands triangles sont légèrement dédoublées, et quand, avec une moindre convergence, ce sont les plus grands triangles qui se trouvent être exactement superposés, les plus petits triangles sont dédoublés. Ainsi

les variations dans le degré de la convergence sont nécessaires pour combiner successivement ensemble, deux à deux, les différentes parties des vues. Le déplacement du point de vue en avant et en arrière produit précisément un fait que l'on observe dans la vision naturelle, à savoir qu'en regardant alternativement des objets plus ou moins éloignés, ou bien des parties plus ou moins éloignées d'un même objet on fait naître l'impression du relief.

Il n'est personne parmi ceux qui ont analysé soigneusement les impressions reçues, soit dans la vision naturelle, soit dans la combinaison stéréoscopique des vues qui puisse douter un instant qu'il n'y ait dans tous les cas des changements de convergence optique, nécessaires pour unir les différentes parties d'une vue stéréoscopique ou d'un objet naturel, et que l'idée de Wheatstone d'une *combinaison mentale de vues ou d'images dissemblables,* bien que soutenue encore par de grands noms *ne soit erronée.* Pour moi personnellement, le fait que les lignes du premier plan d'une vue stéréoscopique se dédoublent, tandis que je regarde l'arrière-plan et vice versâ est aussi clair que n'importe quel autre phénomène de la vision. Il en est de même pour moi quand je regarde des corps matériels. Il m'est impossible de douter de ce que je vois si clairement. Brücke et Prevost ont donc certainement *raison* en insistant contre Wheatstone sur l'impossibilité d'une fusion complète et simultanée de toutes les parties d'une vue stéréoscopique ou d'un objet, au même moment; mais ils ont, je crois certainement *tort* en insistant sur ce que *les changements de convergence oculaire* sont absolument nécessaires pour la perception du relief. Il est possible de percevoir le relief *en regardant fixement un point* dans une vue stéréoscopique ou dans un paysage. L'expérience souvent citée de Dove semble

prouver qu'on peut percevoir distinctement le relief stéréoscopique à la lueur d'une *étincelle électrique* qui, suivant la célèbre expérience de Wheatstone, ne dure que $^1/_{24000}$ de seconde [1], et il est impossible de supposer que, pendant ce temps, un *changement* quelconque de convergence optique puisse avoir lieu. Je crois que la distance relative des objets peut être perçue distinctement à la lueur d'un éclair qui, d'après Arago, dure moins de $^1/_{1000}$, et, d'après Rood, $^1/_{500}$ de seconde [2]. Ces faits semblent prouver que le relief stéréoscopique est perçu *instantanément* et sans changement de convergence optique.

Ce point est d'une importance capitale dans la théorie de la vision binoculaire. La *perception instantanée du relief est évidemment fatale à la théorie de Brücke.* Pour cette raison, j'ai fait récemment, avec l'aide de mon frère, le prof. John Le Conte, une série d'expériences destinées à en vérifier l'exactitude. Ces expériences confirment entièrement les résultats trouvés par Dove et établissent d'une manière certaine la perception instantanée du relief.

L'appareil dont je me suis servi était une bobine d'induction de Ritchie de première classe, capable de produire facilement des étincelles de 12 pouces de longueur. L'interrupteur était de telle nature que la rapidité des étincelles était complétement sous le contrôle de l'expérimentateur. Une bouteille de Leyde était introduite dans le circuit, afin d'augmenter l'éclat des étincelles. Les étincelles étaient lon-

[1] Je donne ce chiffre sur l'autorité de M. de la Rive. Il est sûrement exact. Il est surprenant que le plus grand nombre des physiciens aient commis l'erreur de donner pour la durée de l'étincelle électrique $^1/_{1000000}$ de seconde au lieu de $^1/_{24000}$ de seconde, ainsi que l'a prouvé l'expérience de Wheatstone. Mais $^1/_{1000000}$ de seconde est le *temps nécessaire au transport* du fluide électrique d'une électrode à l'autre, et non pas celui de la durée de l'étincelle.

[2] Arago, *Œuvres complètes*, tome IV, p. 70. — Rood, *Am. Journal*, III, vol. 1, p. 13.

gues de 1 ou 2 pouces. Je choisis des images stéréoscopiques dans lesquelles il n'y avait d'*autre* perspective que celle résultant du stéréoscope ; de sorte qu'avec *un seul œil* on ne pouvait percevoir aucun relief. Ce sont des esquisses de figures géométriques qui remplissent le mieux le but.

Je regardai d'abord ces images dans un stéréoscope à la lueur d'une *succession rapide d'étincelles,* jusqu'à ce que la combinaison stéréoscopique fût parfaite. Je fis ensuite produire les étincelles séparément à de longs intervalles, et le relief était encore parfaitement distinct. En fermant un œil et avec une série d'étincelles, le relief disparut ; au moment où on le rouvrit, le relief reparut immédiatement.

J'essayai ensuite une combinaison à l'œil nu, en louchant. Cette méthode écarte toute erreur provenant de n'importe qu'elle autre espèce de perspective, puisque, ainsi que nous l'avons déjà établi et complétement expliqué dans un précédent mémoire [1], la perspective binoculaire est dans ce cas *renversée* et doit pour cette raison l'emporter sur toutes les autres formes là où elles existent. Avec une succession rapide d'étincelles la combinaison était facile et la perspective renversée parfaite. Quand il y avait de longs intervalles entre les étincelles, *la perspective était encore nette et on ne pouvait pas s'y méprendre.* Le relief disparaissait quand on fermait un œil et reparaissait lorsqu'on le rouvrait.

Dans mes premières expériences faites avec l'une ou l'autre de ces méthodes, mais particulièrement avec la dernière, il était nécessaire d'employer une *succession rapide* d'étincelles pour obtenir la combinaison. Le bon agencement des axes une fois obtenu pouvait être facile-

[1] *Amer. Journal*, III, vol. 2, p. 1, juillet 1871.

ment conservé pendant les intervalles d'obscurité, quand on en venait à produire les étincelles plus lentement. Avec un peu de pratique cependant la rapide succession des étincelles n'était plus nécessaire. La combinaison était effectuée et le *relief stéréoscopique perçu avec de simples éclairs seulement.*

J'essayai enfin la vision naturelle. Deux petits boutons de laiton furent disposés l'un derrière l'autre à une distance de cinq à six pieds et séparés par un espace d'un pied environ : tantôt ils étaient placés tous les deux dans la ligne médiane, tantôt l'un des deux y demeurant, l'autre était mis un peu en dehors, mais dans tous les cas on avait soin de les arranger de façon à ce que *leur distance relative ne pût pas être appréciée par la vision monoculaire,* même de plein jour. A la rapide lueur de l'étincelle et avec les deux yeux leur distance relative pouvait être immédiatement appréciée, avec un seul œil elle ne le pouvait pas. Cette expérience fut variée de diverses manières, mais toujours avec le même résultat.

La combinaison stéréoscopique à l'œil nu obtenue en louchant demande une très-grande pratique, même en plein jour, à plus forte raison avec l'étincelle électrique. Toutes les *autres* expériences ont été répétées par mon frère et mes résultats ont été confirmés.

M. Pictet a *raison* de considérer l'expérience de Dove ou la perception instantanée du relief comme fatale à la théorie de Brücke, mais il a *tort* de penser qu'elle confirme la sienne. L'objection s'applique également aux deux. Dans les deux cas on juge d'après la comparaison d'images ou de dessins dissemblables, et cela ne peut faire aucune différence que les images soient toutes les deux réelles ou toutes les deux illusoires, ou que l'une soit réelle et l'autre illusoire, puisque, selon M. Pictet,

l'image d'illusion se comporte sous tous les rapports et dans toutes les circonstances de même que l'image réelle de l'autre œil. Il n'indique aucun autre principe ou mode de comparaison.

La seule explication vraie de la perception instantanée du relief est, je crois, celle que j'ai donnée dans mon article sur les phénomènes stéréoscopiques, publié dans le numéro de juillet du *Journal Américain* [1]. Comme je l'ai dit déjà (3), tous les objets ou les points, qu'ils soient placés au delà ou en deçà du point de vue, sont doublés, mais différemment; les premiers *homonymiquement*, les derniers *hétéronymiquement;* les images doubles sont amenées à coïncider pour les premiers par une *plus petite*, et pour les derniers par une *plus grande* convergence optique.

Maintenant l'observateur sait, *instinctivement et sans en faire l'épreuve* dans tous les cas d'images doubles, *si elles seront unies par une plus grande ou par une plus petite convergence*, et par conséquent ne se trompe jamais, et ne tente jamais de les réunir par un mauvais déplacement des axes optiques. En d'autres termes, *l'œil distingue instinctivement entre les images homonymiques et les images hétéronymiques rapportant les premières aux points ou aux objets placés au delà, et les dernières aux points ou aux objets placés en deçà du point de vue.* Ma propre théorie sur le relief stéréoscopique est celle-ci : l'œil perçoit le relief instantanément au moyen des images doubles, ainsi que nous venons de l'expliquer, mais la perception est rendue plus claire par les *changements* de convergence optique qui font mouvoir le point de vue en avant et en arrière, et par la combinaison successive des différentes parties de l'objet ou du dessin comme le pensent Brücke et Prevost.

[1] *Amer. Journal*, III, vol. 2, p. 1.

Quant à ce qui est des mérites relatifs des deux théories nativistique et empiristique, c'est-à-dire pour ce qui est de savoir si les points correspondants sont tels dès la naissance ou s'ils le deviennent par l'expérience, je suis tout à fait de l'avis de Donders, qu'il y a du vrai dans les deux opinions. Dans une lettre au prof. Tyndall, publiée dans le *Phil. Mag.*, avril 1871, au sujet de la question de savoir si la « *loi de direction* » était naturelle ou acquise, j'ai dit que l'instinct n'est rien que de « *l'expérience héréditaire*[1]. » La même remarque s'applique à la loi des points correspondants. Elle est acquise par l'expérience des générations successives, transmise par la loi héréditaire et rendue plus parfaite par l'expérience individuelle. L'expérience héréditaire est plus grande chez les animaux inférieurs et l'expérience individuelle plus grande chez l'homme. Elle est par conséquent en grande proportion instinctive chez l'homme et bien plus encore chez les animaux inférieurs. Cela équivaut sans doute à dire qu'il y a *dans les centres nerveux un arrangement structural qui détermine la vision simple par les points correspondants.* Mais on ne pourra jamais vérifier que par une étude anatomique s'il y a, comme le suppose Müller, une fusion des fibres correspondantes, ou s'il y a, comme le pense M. Pictet, une réflexion d'images d'un œil à l'autre, et même si de cette manière on arrivait à prouver cette réflexion, *on ne pourrait jamais la montrer dans aucun phénomène visuel,* puisque d'après cette théorie toute image d'illusion doit être absolument identique à une image réelle perçue par l'autre œil et dont elle est inséparable.

[1] Je ne connaissais pas encore à ce moment-là l'idée analogue de Hering, que l'instinct est une « *mémoire héritée.* »

SUR LA

POLARISATION DE LA COURONNE SOLAIRE

PAR

M. P. BLASERNA

(Extrait d'une lettre à M. Émile Gautier.)

Palerme, 15 juillet 1871.

Vous savez que lors de l'éclipse totale du 22 décembre 1870, j'ai été chargé des observations sur la polarisation de la couronne. Je me suis servi à cet effet d'un polariscope Savart, qui avait une bonne tourmaline très-transparente et qui était adapté à l'oculaire d'une lunette terrestre grossissant environ trente fois.

En présence des résultats contradictoires qu'on avait obtenus dans de précédentes occasions, je m'attendais à un phénomène très faible, où la personnalité de l'observateur jouerait un grand rôle. C'est pour cette raison que je choisis le polariscope de Savart comme étant le plus sensible et d'un usage simple et rapide, quoiqu'il ait l'inconvénient de n'indiquer que difficilement si le plan de maximum des franges marque le plan de polarisation ou un plan perpendiculaire à celui-ci. L'appareil était en réalité très sensible, et je me suis assuré, par des observations préalables nombreuses, qu'il donnait des indications tout à fait précises.

Nous étions installés sur les terrasses du vieux château d'Augusta. Le temps était assez favorable. Mais un moment avant le commencement de la totalité, un petit *cirrus*, formé par la condensation de la vapeur d'eau dans le

cône d'ombre projeté par la lune, se plaça devant le soleil et tout parut perdu. Par bonheur le vent violent qui soufflait le chassa et nous laissa au moins une moitié du temps utile à l'observation. La couronne parut alors en partie, et vers la fin de la totalité elle était toute visible.

Voici en détail les observations que j'ai faites. Appelons Nord le point le plus élevé, Sud le plus bas du disque solaire ou lunaire, Est et Ouest les points le plus à gauche et le plus à droite, situés à 90° des premiers et tels qu'on les voit à l'œil nu ou avec une lunette redressant les images. Tant que se montrèrent encore quelques rayons directs, ni le soleil, ni la lune, ni les régions voisines ne donnèrent aucune trace de polarisation. Pendant la totalité, j'examinai d'abord le point Est. La polarisation était très forte ; ces franges, dans leur maximum, étaient tangentes au disque lunaire, et en tournant le polariscope de 90°, elles existaient aussi dans le sens du rayon. Je dirigeai alors la lunette dans le sens horizontal à la distance d'un diamètre et demi de la lune : il ne se trouvait là aucune trace de polarisation. En retournant au point Est, le phénomène se manifesta comme auparavant. J'examinai ensuite le point Sud-Est. La polarisation avait la même intensité, les franges au maximum étaient tangentes au bord lunaire, et à un diamètre et demi de distance il n'y avait aucune trace de polarisation. Pour le point Sud, la même chose : les franges au maximum étaient tangentes, et à un diamètre et demi au-dessous de la lune pas de polarisation. Enfin je me mis à observer le point Ouest ; mais je n'avais pas encore déterminé le plan du maximum des franges, lorsque le premier rayon direct du soleil jaillit comme une étincelle électrique, et tout le phénomène : couronne, polarisation, etc., disparut

comme par enchantement et d'une manière complète. Je cherchai alors à me rendre compte de l'intensité de la polarisation observée, et j'ai trouvé que *l'intensité de la polarisation de la couronne est à peu près égale à celle qu'on observe dans l'air atmosphérique, par une journée claire, à 50 degrés de distance du soleil.*

Mes observations peuvent donc se résumer ainsi : La couronne est fortement polarisée dans le sens de la tangente, ou du rayon du soleil. Il n'est pas douteux que la dernière thèse ne soit la vraie ; mais mon appareil ne permettait pas de distinguer entre les deux alternatives en un temps aussi court. Je dois encore ajouter que j'ai vu aussi les franges sur la lune, notamment près du bord.

Je crois que ces observations prouvent clairement l'existence de la couronne, et aussi que celle-ci reçoit, au moins en grande partie, sa lumière de la photosphère.

Vous savez que M. Pickering a nié la polarisation de la couronne en se fondant sur des observations faites par lui en Amérique en 1869. J'ai vu avec plaisir que dans ses observations de 1870, en Espagne, en se servant de nouveaux instruments, M. Pickering est arrivé à peu près aux mêmes résultats que moi, tandis que son aide, M. Ross, qui avait le même instrument dont s'était servi M. Pickering en Amérique, a donné des indications semblables à celles trouvées, en 1869, par M. Pickering lui-même. Ceci prouve avec une certaine évidence que le premier instrument de M. Pickering était défectueux. La polarisation radiale a été observée aussi par presque tous les observateurs en 1870. MM. Langley et Lewis, en Espagne, M. Ranyard, en Sicile, l'ont constatée d'une manière catégorique.

Vous savez aussi qu'on a essayé de restreindre con-

sidérablement la couronne et d'en considérer la plus grande partie comme provenant d'une réfraction terrestre.

On a réuni les deux questions de la polarisation et de l'existence de la couronne, mettant le tout sur le compte de notre atmosphère. Il est bien difficile d'admettre que la réfraction atmosphérique puisse produire un phénomène d'un diamètre aussi considérable; car la hauteur de la couronne ne peut plus être estimée au-dessous de 8 à 10 minutes. Mais si on voulait même admettre cette possibilité par des causes encore inconnues, la polarisation de la couronne empêche cette hypothèse. Les rayons directs ne sont pas polarisés; avant et après la phase de totalité, je n'ai vu aucune trace de polarisation ni dans les rayons directs ni dans leur voisinage. Pour trouver un effet égal en intensité à celui de la couronne, il faut diriger le polariscope à au moins 30 degrés du soleil. Comment donc expliquer une intensité aussi considérable par une réfraction où le rayon réfracté s'écarte de 10 minutes? Et si même cette polarisation pouvait avoir une pareille origine, elle ne pourrait être radiale par rapport au soleil, parce que les différents points du soleil sont, par rapport à notre atmosphère, dans des conditions identiques. Le plan de polarisation serait alors unique, et la polarisation irait en croissant à mesure qu'on s'éloigne du soleil proprement dit, ce qui n'est pas le cas.

Il s'en suit que la couronne existe réellement et qu'elle est polarisée par réflexion de la photosphère. J'estime sa hauteur à au moins 8 minutes; mais je considère ce nombre comme une limite inférieure, vu l'état du ciel, qui ne permettait d'observer que la partie la plus prononcée.

Ces conclusions ne sont pas en désaccord avec celles auxquelles est arrivée la spectroscopie. Il paraît que dans

l'atmosphère solaire il y a des vapeurs incandescentes, notamment du fer. Une grande partie de l'atmosphère solaire est formée de gaz assez froids, sans lumière propre. Ils sont éclairés par la photosphère, donnent un spectre continu et présentent le phénomène de la polarisation. Mais on conçoit très bien qu'il puisse s'y trouver des matières incandescentes, soit à l'état permanent, soit à l'état variable. La chute de météores, peut-être des aurores boréales, quelquefois de violentes éruptions d'hydrogène, suffisent pour expliquer le phénomène.

Quant à la polarisation, on peut la reproduire facilement par une expérience de cabinet, qui me paraît assez instructive. On prend un cône en papier, à axe horizontal. On place dans son intérieur une lampe et en avant une boule en bois à surface rugueuse. La boule représente la lune, la lampe le soleil, le cône la couronne. On regarde le tout avec la lunette polariscope, en se plaçant à une certaine distance et dans l'obscurité. On voit alors parfaitement la polarisation radiale; on voit aussi les franges de polarisation se continuer sur la boule près de ses bords. et si on éclaire la boule faiblement par devant, de façon que, vue dans la lunette, elle paraisse toujours encore noire, on voit une trace de polarisation sur toute la boule. Le phénomène devient plus beau si, au lieu d'une lampe ordinaire, on emploie pour soleil une lampe à magnésium, ou la lumière solaire en la concentrant derrière la boule avec des lentilles à court foyer.

Cette expérience prouve que le prolongement des franges sur les bords de la lune est dû à l'action directe des rayons de la couronne. Celle-ci a un diamètre apparent beaucoup plus grand que celui de la lune dont elle éclaire les bords. Il est vrai que si la lune avait une sur-

face régulière, l'anneau éclairé par la couronne, vu de la terre serait insignifiant; mais il peut devenir assez important par le fait des aspérités de la surface lunaire. Quant à la partie centrale de la lune, sa polarisation serait due à l'éclairage par la terre. Au moment de l'éclipse, la terre envoie une quantité considérable de lumière sur la lune, laquelle paraît noire par contraste, mais est assez fortement éclairée.

La question de la polarisation de la lune est très-intéressante et fera certainement l'objet de nombreuses recherches à l'occasion de l'éclipse du prochain mois de décembre. Je regrette vivement que notre gouvernement n'ait pas pu se résoudre à envoyer une commission en Australie. J'aurais désiré étudier cette question avec une lunette grossissant 60 à 80 fois et un instrument de Savart, qui demeure toujours le meilleur polariscope. En tout cas, je crois que l'expérience précitée jette beaucoup de lumière sur une question qui paraissait embrouillée et qui a faussé en partie la direction des études à faire. Je crois qu'on peut affirmer sans crainte *que la polarisation du bord de la lune est probablement due à l'illumination directe de la couronne, et celle de la partie intérieure et centrale, à la réflexion de la terre.*

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

P. Blaserna. Déplacement des raies du spectre sous l'action de la température du prisme. (Lettre à M. E. Gautier.)

Je vous communique encore un fait qui n'est pas sans importance pour la spectroscopie. En étudiant le spectre solaire avec un prisme de sulfure de carbone, je remarquai que les lignes de Fraunhofer se déplaçaient notablement par de petits changements de température. Le fait n'est pas nouveau pour les liquides ; il a été observé dans le laboratoire de Verdet. Quant à l'indice de réfraction, on sait depuis longtemps qu'il change avec la température.

Mais pour les solides, on supposait généralement que ces changements étaient insignifiants. J'ai eu donc l'idée d'opérer sur la substance la plus importante pour la spectroscopie et je me suis servi d'un prisme en flint de M. Duboscq. Les déplacements des lignes sont beaucoup plus faibles, mais nettement visibles. On peut s'en assurer facilement en chauffant le prisme au soleil, ou ailleurs, en le plaçant ensuite rapidement dans le spectroscope situé à l'ombre et en pointant une ligne quelconque. A mesure que le prisme se refroidit, la ligne se déplace, avec cette différence pour le verre que *la déviation augmente quand la température diminue*, tandis que pour le sulfure de carbone on observe le contraire. Quand la température du prisme n'est pas uniforme, les lignes de Fraunhofer se troublent et deviennent peu visibles.

Pour mon prisme de 60° en flint, j'ai mesuré les déplacements de la double raie du sodium ; mais les mesures embrassent un petit intervalle de température. Pour vous donner une idée de notre climat, je vous dirai que, pendant six semaines, et en prenant les heures les plus favorables de jour

et de nuit, je n'ai pas pu obtenir en tout plus qu'un intervalle de 5 ½ degrés. Mais en employant un excellent spectromètre théodolithe de M. *Starke*, à Vienne, qui me permettait de mesurer jusqu'à une seconde près, j'en ai déduit que la ligne D se déplace de 3″ pour 1° centigrade ; ce changement est assez fort si l'on considère que la distance D à D′ est égale à 12″ dans mon appareil. Il s'en suit qu'une variation de 4° C. suffit pour porter D à la place de D′. C'est là une cause d'erreur d'autant plus grave en spectroscopie, qu'on peut la commettre très-facilement si, par exemple, on compare une mesure faite en plein soleil avec une autre faite à l'ombre, ou une mesure faite à midi avec une autre faite de nuit, ou le matin.

Il n'y a donc qu'une seule bonne méthode de comparaison spectroscopique : c'est celle de la superposition des spectres. Dans les autres cas, il faut graduer son spectroscope et déterminer souvent la température, chose bien difficile quand on observe, par exemple, le Soleil. C'est bien pour cela que plus d'une mesure spectroscopique aura besoin d'être refaite.

J.-J. Muller. Das Grun, etc. Le vert des feuilles. (*Pogg. Ann.*, tome CXLII, p. 615.)

Ayant comparé le spectre fourni par la lumière verte transmise à travers une feuille fraîche de diverses plantes avec le spectre d'absorption bien connu des dissolutions de chlorophylle, M. Müller reconnut que les deux spectres diffèrent entièrement l'un de l'autre. Le spectre des feuilles est continu, seulement fort rétréci et ne s'étendant qu'entre les lignes B et F de Fraunhofer. Il ne présente pas la moindre trace des bandes d'absorption de la chlorophylle. Cette substance doit donc se trouver dans les feuilles fraîches dans un état d'agrégation ou de combinaison tout différent que dans les dissolutions sur lesquelles on opère ordinairement. Les feuilles de plantes différentes donnèrent le même résultat. E. S.

L. Hermann. Ueber die electromotorische Kraft, etc. Sur la force électromotrice de l'induction dans des conducteurs liquides. (*Pogg. Ann.*, tome CXLII, p. 586.)

En vue d'expériences de physiologie sur l'excitation des nerfs au moyen de décharges d'induction, M. Hermann a recherché si la force électromotrice des courants d'induction développés dans un conducteur liquide est la même que dans le cas d'un conducteur solide quelconque, toutes conditions égales d'ailleurs.

Dans ses expériences, le conducteur liquide consistait en un tuyau de caoutchouc de près de deux mètres de long, rempli d'une dissolution de sulfate de zinc et fermé à ses deux extrémités par des bouchons en zinc amalgamés. L'on enroulait alternativement autour d'un cylindre creux disposé dans l'espace interpolaire d'un gros électro-aimant de Ruhmkorff et formé par des prolongements cylindriques adaptés aux deux pôles, le tube de caoutchouc, ou une portion du conducteur métallique du même circuit ou tous deux ensemble, soit dans le même sens, soit en sens opposés. Une boussole de Wiedemann était introduite dans le circuit. La déviation de cette boussole était la même lorsque l'induction se développait dans la portion liquide du circuit que lorsqu'elle se développait dans une portion équivalente du conducteur métallique. Elle était doublée lorsque l'induction se développait dans le même sens dans ces deux portions, nulle quand l'induction était de sens contraire dans les deux. M. Hermann en conclut que *la force électromotrice des courants induits est complétement indépendante de la nature du conducteur, soit solide soit liquide, dans lequel elle se développe.* E. S.

CHIMIE.

A. Ditte. Chaleur de combustion du magnésium, de l'indium, du cadmium et du zinc. — De l'influence qu'exerce la calcination de quelques oxydes métalliques sur la chaleur dégagée pendant leur combinaison. (*Compte rendu de l'Académie des sciences*, tome LXXII, p. 858; tome LXIII, p. 108 et 111.)

Nous avons reproduit [1] la première partie des communications de M. Ditte, relative aux chaleurs de combustion du magnésium et du zinc. Nous nous bornerons à indiquer les résultats, rapportés dans des notices subséquentes, relativement aux chaleurs de combustion du cadmium et de l'indium, que ce savant a déterminées par les mêmes méthodes, et nous les ferons suivre de quelques observations sur l'ensemble de ce travail.

L'auteur remarque d'abord que la différence entre le nombre 42451 calories, obtenu par M. Favre pour la combustion du zinc, et le sien, 44258, peut s'expliquer par une différence dans la préparation de l'oxyde de ce métal. Il a constaté, en effet, que la chaleur dégagée par la dissolution d'un oxyde dans un acide varie avec le degré de calcination auquel il a été soumis.

Ainsi il a trouvé pour la chaleur de dissolution d'un équivalent d'oxyde de zinc dans l'acide sulfurique :

Oxyde préparé à 350 degrés.	10012$^{cal.}$
Oxyde porté quelques instants au rouge sombre.	11155
Oxyde maintenu une heure au rouge blanc. . .	12288

La chaleur de combustion de l'indium a été obtenue, comme celle du zinc, en comparant les chaleurs dégagées par la dissolution dans l'acide sulfurique du métal et de son oxyde. Il faut seulement que le métal soit en contact avec du platine pour que sa dissolution s'opère. On a obtenu :

[1] Voyez *Archives*, tome XLI, page 344.

Chaleur de dissolution de l'indium métallique. .	49039^{cal}
» » de l'oxyde d'indium. . .	11537
Chaleur de combustion de l'indium	37502

Ces nombres sont rapportés à un équivalent (35,9).

Le cadmium n'attaquant pas à froid les dissolutions d'acide sulfurique, ni celles d'acide chlorhydrique, l'auteur a dû recourir à l'action de l'acide iodique, en opérant comme il l'avait indiqué pour le magnésium dans le mémoire précédent. Il a obtenu ainsi pour la chaleur de combustion d'un équivalent de cadmium (56) 15231 calories.

Il résulte de ces recherches que la chaleur de combustion diminue rapidement en passant du magnésium au zinc, puis à l'indium et enfin au cadmium. Ces différences expliquent celles que l'on observe dans l'énergie des phénomènes qui accompagnent la combustion vive de ces métaux, dans la difficulté toujours plus grande que l'on éprouve à décomposer l'eau par ces métaux et dans la facilité croissante, au contraire, avec laquelle leurs oxydes peuvent être réduits par l'hydrogène ou le charbon.

L'auteur résume enfin dans un tableau les principales propriétés de ces métaux et montre par là que sous tous les rapports ils se rangent dans le même ordre [1]. Ces propriétés comprennent la densité, l'équivalent chimique, la chaleur spécifique, les températures de fusion et de volatilisation et la chaleur de combustion.

Les résultats des expériences de M. Ditte sont surtout intéressants au point de vue des différences observées dans les chaleurs de dissolution des oxydes métalliques, suivant qu'ils

[1] Il est singulier que l'auteur n'ait pas connaissance de la détermination de la chaleur spécifique de l'indium par M. Bunsen (*Poggend. Annalen*, tome 141, page 1), très-différente de celle qu'il lui attribue théoriquement, et qui prouve que le poids atomique de ce métal est de 56,7 au lieu de 37,8, que son oxyde est un sesquioxyde, et que l'indium n'appartient en aucune façon au groupe des métaux magnésiens. (C. M.)

ont été plus ou moins fortement calcinés. A cet égard on peut bien dire que, s'ils sont exacts, ils sont en contradiction absolue avec les idées théoriques admises jusqu'ici.

Il semblait, en effet, résulter des observations antérieures que, lorsqu'un corps est modifié dans sa constitution moléculaire par l'action d'une forte chaleur, le rapprochement des molécules qui en est la conséquence est accompagné d'une élimination de calorique, d'où résulte une diminution de la chaleur spécifique et de la chaleur de combinaison. Il paraissait également bien établi que les réactions chimiques se passent avec d'autant plus de facilité et d'énergie qu'elles sont accompagnées d'un plus grand dégagement de chaleur. Par ces deux motifs, on pouvait croire qu'un oxyde métallique devrait dégager d'autant moins de chaleur, en se combinant avec les acides, qu'il aurait été plus fortement calciné, et serait devenu par là plus difficilement attaquable, tandis que les expériences de M. Ditte prouveraient absolument le contraire.

Bien que l'attention des physiciens et des chimistes se soit souvent dirigée depuis quelques années sur ces questions, nos connaissances en thermochimie sont encore bien peu avancées. La difficulté d'en établir les lois tient peut-être moins à l'absence d'un nombre suffisant de faits qu'à l'impossibilité de concilier une foule d'observations fort peu concordantes, souvent même contradictoires. Il serait de la plus haute importance maintenant, non de multiplier les observations, mais de n'en apporter aucune qui ne fût établie par les preuves les plus rigoureuses.

Sous ce rapport, et sans vouloir diminuer en rien le mérite réel du travail de M. Ditte, il me semble qu'il aurait dû multiplier davantage ses expériences et chercher peut-être à en varier les conditions pour mettre hors de doute les faits singuliers qu'il a observés.

L'emploi du calorimètre à mercure a soulevé depuis quelques années de graves objections ; d'un autre côté, cet appa-

reil, imaginé par d'éminents physiciens, MM. Favre et Silbermann, a été défendu récemment en France par un des savants les plus autorisés [1].

Très-ingénieux et très-commode, très-convenable peut-être pour l'étude des réactions qui donnent lieu à des effets calorifiques considérables, cet appareil me paraît moins propre à l'étude de celles qui ne produisent que des dégagements de chaleur modérés, soit parce qu'il ne permet d'opérer que sur de trop faibles proportions de matière, soit parce que la transmission d'une faible quantité de chaleur à une très-grande masse en rend la mesure plus incertaine.

Je crois qu'en pareil cas on a une plus grande garantie d'exactitude en mesurant directement, avec un thermomètre très-sensible, la variation de température du liquide au sein duquel se passe la réaction.

Mais ce n'est pas le cas de discuter ici la valeur de la méthode suivie par M. Ditte; car, il faut bien le reconnaître, il n'avait pas le choix. Les réactions qu'il se proposait d'étudier ne s'accomplissent pas instantanément; dès lors l'observation directe de la variation de température du liquide n'est plus guère applicable, attendu qu'elle exigerait des corrections trop considérables pour éliminer l'influence des causes extérieures. Dans ce cas, sauf la méthode si ingénieuse décrite récemment par M. Bunsen [2], mais qui malheureusement exige des conditions atmosphériques qui ne se rencontrent pas en tout climat, je n'en connais pas de préférable à l'emploi du calorimètre à mercure.

Malheureusement il n'a pas été fait jusqu'ici, ou du moins il n'a pas été publié, à ma connaissance, une étude assez complète du degré de précision que peuvent atteindre les indications de cet appareil, pour que l'on puisse juger du degré de confiance qu'elles méritent.

[1] M. Sainte-Claire Deville. (*Bulletin de la Société chimique*, t. XIV, p. 5.)

[2] *Poggend. Annalen*, tome 141, p. 1, et *Archives*, tome XL, p. 25.

C'est pour cela que je regrette que l'auteur n'ait pas multiplié et varié ses expériences de manière à écarter les doutes que l'on peut concevoir. Chacune de ses expériences a été en général répétée deux fois, et l'accord est toujours satisfaisant; mais elles l'ont toujours été avec la même quantité de matière, tandis qu'il eût été très-important, au contraire, de s'assurer si l'effet calorifique eût été proportionnellement le même pour des poids deux ou trois fois plus considérables.

Il aurait fallu aussi constater que la durée de la réaction n'exerce aucune influence sur les indications de l'instrument. Des trois variétés d'oxyde de zinc examinées par l'auteur, l'une se dissout instantanément, la seconde exige trois minutes, la troisième quinze. Ne pourrait-on pas supposer qu'une même quantité de chaleur, se dégageant dans des temps si différents, ne fût pas toujours transmise aussi complétement au calorimètre. Il y aurait eu un grand intérêt à chercher à rapprocher la durée de ces réactions, s'il était impossible de les ramener à une égalité absolue; peut-être pourrait-on y parvenir en faisant varier le degré de concentration de l'acide dans lequel on fait dissoudre ces divers oxydes. Il serait facile, d'ailleurs, de corriger ensuite les résultats obtenus, pour tenir compte de la différence dans l'état de dilution des sels.

Une série d'expériences relatives à la dissolution d'un même poids de métal, employé à divers degrés de division, aurait facilement démontré si l'on pouvait réellement négliger, comme l'a fait l'auteur, cette influence de la durée plus ou moins grande des réactions qu'il s'agit de comparer.

Tant que des expériences, instituées ainsi méthodiquement, n'auront pas été exécutées, je crois que les résultats annoncés par M. Ditte ne seront accueillis qu'avec beaucoup de doute. Or ils seraient certainement assez importants pour mériter d'être établis sans contestation. C. M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AVRIL 1871.

Le 3 et 4, gelée blanche le matin.
6, gelée blanche le matin ; halo solaire partiel dans l'après-midi.
7, gelée blanche le matin ; hâle dans la journée.
8, gelée blanche le matin.
9, halo solaire dans la matinée.
12, rosée le matin.
19, forte rosée le matin ; il a neigé sur le Grand Salève dans la nuit du 19 au 20.
24, 25, 26, forte rosée le matin ; halo solaire dans la matinée du 26.
28, halo lunaire dans la soirée.
29, rosée le matin ; à 6 h. soir tonnerres à l'Ouest ; plus tard, dans la soirée, éclairs à l'Est.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	727,32	Le 1 à 4 h. après m.	724,32
7 à 8 h. matin	728,45	3 à 2 h. après m.	724,03
12 à 8 h. matin	731,88	9 à 4 h. après m.	722,01
16 à 8 h. soir	725,66	14 à 10 h. soir	719,81
22 à 10 h. matin	729,95	19 à 6 h. soir	716,96
26 à 8 h. matin	727,69	23 à midi	722,86
28 à 10 h. matin	728,63	27 à 2 h. après m.	724,82
		29 à 4 h. après m.	720,69

GENÈVE. — AVRIL 1871.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o	o	cm.
1	725,12	+ 0,72	+ 2,79	—3,97	— 3,0	+ 7,0	4,02	—1,14	725	+ 2	480	930	0,2	1	S. 1	0,93	5,6	— 1,7	119
2	726,80	+ 2,40	+ 4,88	—2,02	+ 1,2	+ 9,8	3,86	—1,35	618	—104	400	750	...	...	variable	0,87	—	—	119
3	725,19	+ 0,79	+ 6,01	—1,02	— 2,2	+13,4	4,12	—1,14	607	—114	350	870	...	...	SO. 1	0,78	6,5	— 1,0	118
4	726,26	+ 1,86	+ 7,86	+0,69	— 0,5	+14,9	4,33	—0,98	564	—157	400	910	...	...	SO. 1	0,61	6,7	— 0,8	117
5	727,09	+ 2,68	+ 6,63	—0,67	+ 2,5	+11,0	4,03	—1,32	592	—128	400	950	...	...	variable	0,37	6,7	— 0,9	117
6	727,29	+ 2,88	+ 6,30	—1,14	— 0,1	+12,4	4,54	—0,86	652	— 67	400	920	...	...	variable	0,13	7,1	— 0,6	117
7	727,41	+ 3,00	+ 6,79	—0,78	+ 1,1	+11,9	5,38	—0,07	730	+ 12	560	880	...	...	variable	0,13	7,7	— 0,1	117
8	726,30	+ 1,89	+10,54	+2,83	+ 2,6	+18,8	5,55	+0,05	614	—104	320	900	...	...	variable	0,19	8,3	+ 0,4	116
9	723,25	— 1,17	+11,40	+3,55	+ 5,9	+18,0	6,23	+0,68	640	— 77	420	830	...	...	S. 1	0,70	—	—	116
10	723,63	— 0,79	+ 8,61	+0,62	+ 7,9	+14,0	7,41	+1,81	877	+161	690	1000	4,9	5	variable	0,86	8,3	+ 0,3	116
11	728,43	+ 4,01	+ 9,50	+1,37	+ 5,0	+14,8	5,99	+0,34	708	— 7	410	1000	...	...	variable	0,38	8,5	+ 0,4	116
12	731,23	+ 6,81	+11,08	+2,81	+ 3,1	+19,1	6,63	+0,94	668	— 46	490	900	...	...	variable	0,73	8,6	+ 0,4	116
13	729,78	+ 5,36	+14,55	+6,14	+10,6	+20,0	7,62	+1,88	651	— 63	390	980	2,3	3	SSO. 1	0,80	9,7	+ 1,4	116
14	722,89	+ 1,54	+12,51	+3,96	+ 8,6	+17,4	6,83	+1,04	651	— 62	480	850	...	...	N. 1	0,18	9,0	+ 0,6	116
15	722,73	— 1,70	+11,38	+2,69	+ 9,3	+15,6	7,40	+1,56	761	+ 49	530	880	11,7	9	SO. 1	0,84	9,5	+ 0,1	116
16	725,04	+ 0,59	+13,14	+4,32	+ 9,8	+16,3	6,86	+0,96	627	— 85	470	720	2,3	3	SSO. 2	0,91	—	—	116
17	722,77	— 1,70	+12,22	+3,26	+11,0	+15,2	7,85	+1,88	760	+ 48	570	860	10,2	8	SO. 1	0,92	6,8	— 1,8	122
18	722,54	— 1,95	+12,24	+3,14	+ 9,4	+19,6	8,76	+2,73	837	+125	630	930	1,2	3	variable	0,77	6,7	— 2,0	125
19	717,75	— 6,75	+13,58	+4,34	+ 7,9	+19,0	7,66	+1,56	687	— 25	420	990	6,9	5	SSO. 2	0,89	7,0	— 1,8	128
20	723,80	— 0,72	+ 9,41	+0,03	+ 6,9	+12,3	5,45	—0,71	637	— 75	490	740	6,4	7	SSO. 2	0,67	6,9	— 2,0	131
21	725,47	+ 0,93	+11,31	+1,78	+ 7,3	+14,8	7,49	+1,26	742	+ 30	610	790	10,4	9	SSO. 2	0,99	6,8	— 2,2	136
22	728,57	+ 4,01	+12,38	+2,71	+ 8,9	+15,9	7,80	+1,51	733	+ 21	610	780	1,3	2	SO. 1	0,91	7,0	— 2,1	140
23	723,51	— 1,07	+14,60	+4,79	+11,0	+18,5	7,84	+1,48	658	— 54	520	750	0,3	0,5	SO. 1	0,81	—	—	143
24	724,72	+ 0,12	+10,36	+0,41	+ 5,0	+16,3	5,86	—0,56	693	— 19	420	940	...	...	N. 1	0,31	7,0	— 2,3	145
25	726,75	+ 2,13	+ 9,93	—0,16	+ 3,8	+14,6	6,02	—0,47	671	— 41	480	920	...	...	N. 1	0,18	7,6	— 1,8	147
26	727,23	+ 2,59	+10,98	+0,74	+ 4,6	+16,4	5,93	—0,62	619	— 93	430	870	...	...	N. 1	0,30	7,8	— 1,7	147
27	726,24	+ 1,59	+10,31	—0,07	+ 5,3	+15,8	6,83	+0,21	723	+ 11	520	870	12,1	5	SO. 1	0,92	8,5	— 1,0	147
28	728,33	+ 3,66	+ 9,86	—0,66	+ 6,9	+15,9	6,48	—0,20	732	+ 20	550	970	1,1	1	variable	0,56	8,5	— 1,1	147
29	723,06	— 1,63	+12,52	+1,86	+ 4,8	+19,4	7,03	+0,28	663	— 49	400	960	3,6	2,5	O. 1	0,82	7,8	— 1,9	148
30	726,42	+ 1,71	+10,10	—0,71	+ 8,8	+14,8	6,97	+0,16	769	+ 43	590	860	5,0	5,5	SSO. 2	0,89	—	—	148

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,41	726,52	726,52	725,86	725,21	725,02	725,10	725,77	725,96
2e «	724,82	724,96	725,14	724,96	724,44	724,14	724,14	724,71	724,82
3e «	726,00	726,17	726,30	725,93	725,74	725,46	725,70	726,27	726,58
Mois	725,74	725,88	725,99	725,59	725,13	724,87	724,98	725,58	725,79
Température.									
	0		0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,12	+ 5,74	+ 8,11	+11,03	+11,95	+11,15	+ 9,78	+ 8,02	+ 6,60
2e «	+ 9,09	+10.88	+13,24	+14,50	+14,92	+15,15	+13,43	+12,65	+11,81
3e «	+ 8,11	+10,97	+12,28	+14,30	+14,32	+13,92	+13,31	+11,55	+11,07
Mois	+ 6,44	+ 9,20	+11,21	+13,28	+13,73	+13,41	+12,37	+10,74	+ 9,83
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,62	5,03	5,11	4,82	4,82	4,94	5,01	5,33	5,28
2e «	7,11	7,49	7,55	7,07	6,87	6,90	6,91	7,22	7,28
3e «	6,93	6,88	6,92	6,79	6,87	6,85	6,85	7,05	6,72
Mois	6,22	6,88	6,53	6,23	6,19	6,23	6,26	6,53	6,43
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	864	720	634	487	461	510	553	640	719
2e «	823	772	668	580	549	539	608	668	710
3e «	860	720	672	564	567	565	606	695	685
Mois	849	737	658	544	526	538	589	668	705

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 1,54	+13,12	0,56	7,11	5,1	117,2
2e «	+ 8,16	+16,93	0,71	8,08	39,0	120,2
3e «	+ 6,64	+16,24	0,67	7,62	33,8	144,8
Mois	+ 5,45	+ 15,43	0,65	7,62	77,9	127,4

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,39 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 46°,0 O., et son intensité est égale à 43,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1871.

Le 1 et 2,	brouillard	presque tout le jour.
4,	id.	le matin.
10,	id.	une partie de la journée.
13,	id.	presque tout le jour.
15 et 16,	id.	id.
18,	id.	une partie de la journée.
19 et 20,	id.	presque tout le jour.
Du 21 au 30,	id.	une partie de la journée.

29, à 8 h. 20 m., fréquents éclairs et coups de tonnerre au S.-O.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 8 h. soir	560,29	Le 1 à 4 h. après m.	557,14
7 à 10 h. soir	564,16	3 à 2 h. après m.	559,03
12 à 10 h. soir	569,68	10 à 6 h. matin	559,45
16 à 10 h. soir	563,87	15 à 8 h. matin	559,80
18 à midi	563,29	17 à 4 h. après m	561,36
22 à 6 et 8 h. soir	565,69	20 à 6 h. matin	558,05
26 à 8 h. soir	564,66	24 à 6 h. matin	560,46
28 à 10 h. soir	564,70	27 à 4 et 10 h. soir	562,03
		30 à 6 h. matin	560,19

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.			
1	557,55	— 2,80	557,14	558,00	— 9,06	— 3,58	—10,9	— 6,4	.....	.....	....	NE. 3	0,98
2	559,11	— 1,29	557,71	560,29	—10,39	— 5,03	—13,8	— 7,8	.....	.....	....	NE. 2	0,82
3	559,44	— 1,02	559,03	559,79	— 4,73	+ 0,51	— 7,8	+ 1,2	.....	.....	....	NE. 1	0,77
4	561,00	+ 0,48	560,22	561,33	— 6,97	— 1,85	—10,0	— 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,39
5	561,58	+ 1,00	560,95	562,29	— 5,95	— 0,96	— 8,0	— 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,06
6	562,75	+ 2,11	562,30	563,17	— 4,77	+ 0,09	— 8,2	+ 0,4	.....	.....	....	NE. 1	0,05
7	563,69	+ 2,98	562,99	564,16	— 3,13	+ 1,61	— 7,5	+ 1,8	.....	.....	....	variable	0,41
8	563,49	+ 2,71	563,19	563,83	— 2,89	+ 1,72	— 8,7	+ 3,0	.....	.....	....	variable	0,06
9	560,86	+ 0,01	560,21	561,85	— 2,40	+ 2,08	— 6,7	+ 3,6	.....	.....	....	NE. 1	0,41
10	560,07	— 0,85	559,45	560,90	— 1,62	+ 2,73	— 4,4	+ 3,8	25	2,8	....	NE. 1	0,93
11	564,24	+ 3,25	561,68	566,35	— 3,59	+ 0,63	— 5,0	— 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,29
12	568,72	+ 7,66	567,72	569,68	+ 3,43	+ 7,52	— 0,9	+ 9,4	.....	.....	....	NE. 0	0,53
13	567,17	+ 6,03	566,32	568,14	+ 0,05	+ 4,01	— 1,0	+ 3,0	.....	10,0	....	NE. 0	0,96
14	563,19	+ 1,97	562,35	564,29	+ 2,04	+ 5,87	— 2,6	+ 6,4	.....	.....	....	variable	0,12
15	560,37	— 0,93	559,80	561,35	— 1,66	+ 2,03	— 3,9	+ 1,2	30	14,7	....	variable	0,98
16	563,13	+ 2,15	561,66	563,87	— 1,20	+ 2,35	— 3,7	+ 1,6	.....	.....	....	SO. 1	0,84
17	561,84	+ 0,38	561,36	562,51	— 1,43	+ 1,98	— 2,0	+ 1,4	15	9,4	....	variable	0,84
18	563,07	+ 1,53	562,71	563,29	+ 2,68	+ 5,95	+ 0,8	+ 9,0	.....	3,8	....	variable	0,76
19	560,33	— 1,29	559,27	561,56	— 0,28	+ 2,85	— 0,3	+ 1,0	25	18,0	....	SO. 1	1,00
20	559,45	— 2,26	558,05	560,73	— 5,23	— 2,24	— 7,8	— 2,4	130	16,1	....	NE. 1	0,84
21	561,97	+ 0,17	560,34	563,35	— 2,96	— 0,11	— 4,6	0,0	195	26,5	....	NE. 1	0,99
22	565,30	+ 3,41	564,42	565,69	— 1,27	+ 1,44	— 3,8	+ 1,6	45	13,8	....	NE. 1	1,00
23	561,78	— 0,20	561,08	563,03	— 0,27	+ 2,30	— 2,9	+ 5,2	85	14,8	....	NE. 1	0,96
24	561,58	— 0,49	560,46	562,58	— 2,07	+ 0,36	— 4,5	+ 2,4	.....	.....	....	NE. 1	0,54
25	563,63	+ 1,47	562,67	564,23	— 0,30	+ 1,99	— 4,0	+ 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,23
26	564,21	+ 1,96	563,70	564,66	— 0,16	+ 1,98	— 3,9	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,42
27	562,82	+ 0,48	562,03	564,02	— 0,46	+ 1,53	— 4,6	+ 7,1	70	5,2	....	NE. 1	0,83
28	563,65	+ 1,22	562,17	564,70	— 3,73	— 1,90	— 6,0	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,80
29	563,19	+ 0,67	560,98	564,57	+ 0,15	+ 1,86	— 0,6	+ 5,4	65	12,5	....	SO. 1	0,93
30	562,22	— 0,40	560,19	563,08	— 1,69	— 0,10	— 4,2	+ 5,3	90	17,1	....	NE. 1	0,97

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	560,64	560,78	561,00	561,12	560,93	560,86	561,00	561,22	561,27
2e »	562,84	562,82	563,20	563,26	563,18	562,98	563,24	563,51	563,57
3e »	562,56	562,74	563,14	563,23	563,11	563,10	563,21	563,23	563,22
Mois	562,01	562,11	562,45	562,54	562,40	562,31	562,48	562,65	562,69
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 8,44	— 5,07	— 3,21	— 1,46	— 0,81	— 2,51	— 5,16	— 5,97	— 6,35
2e »	— 2,02	+ 0,65	+ 1,57	+ 2,15	+ 2,08	+ 1,60	— 0,45	— 1,11	— 1,40
3e »	— 3,26	+ 0,36	+ 2,29	+ 2,47	+ 1,83	+ 0,23	— 1,89	— 2,63	— 3,17
Mois	— 4,57	— 1,35	+ 0,22	+ 1,05	+ 1,03	— 0,23	— 2,50	— 3,24	— 3,64

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 8,60	— 0,54	0,49	2,8	25
2e »	— 2,64	+ 3,04	0,72	72,0	200
3e »	— 3,91	+ 3,34	0,77	89,9	540
Mois	— 5,05	+ 1,95	0,66	164,7	765

Dans ce mois, l'air a été calme 17 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 5,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 67,8 sur 100.

* Voir la note du tableau.



OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MAI 1871.

Le 2, forte rosée le matin; halo solaire de midi à 3 ½ h.
3, rosée le matin; à 1 ½ h. le vent tourne du Nord au Sud-Ouest et la température s'élève de 8° dans moins d'une demi-heure.
7, forte bise tout le jour.
9, rosée le matin.
15, id.
25, éclairs et tonnerres lointains à l'Est, à 7 h. soir.
26, de 4 à 6 h. après midi, éclairs et tonnerres, d'abord à l'Ouest, ensuite à l'Est.
29, rosée le matin.
30, id.; vers 2 heures, quelques coups de tonnerres à l'Ouest.
31, rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

		mm
Le 2	à 8 h. matin	731,37
6	à 6 h. matin	729,91
8	à 6 h. matin	729,50
11	à 6 h. matin	725,61
16	à 10 h. soir	721,30
20	à 8 h. matin	733,10
26	à 8 h. matin	729.08
29	à 8 h. matin	728,93

MINIMUM.

		mm
Le 3	à 6 h. soir	723,57
7	à 4 h. après m.	727,08
10	à 4 h. après m.	722,81
14	à 6 h. soir	714,12
17	à 4 h. après m.	717,67
24	à 6 h. soir	724,10
28	à 6 h. matin	723,15

GENÈVE. — MAI 1871.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	729,29	+ 4,56	+ 9,97	—0,98	+ 7,0	+15,3	5,04	—1,83	593	—119	400	770	...	...	variable	0,39	7,9	— 2,0	148
2	729,27	+ 4,51	+ 9,57	—1,53	+ 2,3	+15,4	5,44	—1,50	634	— 78	380	900	...	...	N. 1	0,39	8,0	— 2,0	149
3	725,78	+ 0,99	+14,20	+2,96	+ 4,4	+23,0	6,32	—0,69	563	—150	270	890	...	...	SSO. 2	0,24	8,6	— 1,5	149
4	726,20	+ 1,38	+15,52	+4,14	+11,8	+20,2	6,40	—0,68	526	—187	400	570	...	...	OSO. 1	0,79	8,8	— 1,4	150
5	728,16	+ 3,31	+10,72	—0,80	+ 6,3	+16,0	5,30	—1,85	587	—126	270	810	...	...	N. 1	0,00	8,6	— 1,7	150
6	728,62	+ 3,73	+11,82	+0,16	+ 4,8	+18,2	4,98	—2,24	517	—196	250	670	...	...	N. 2	0,00	9,5	— 1,0	149
7	727,80	+ 2,87	+10,51	—1,29	+ 7,0	+14,5	5,30	—1,99	585	—128	450	690	...	...	NNE. 2	0,00	—	—	149
8	728,05	+ 3,08	+11,07	—0,88	+ 6,1	+16,7	5,45	—1,91	587	—126	310	720	...	...	N. 1	0,01	10,6	— 0,1	148
9	723,94	— 1,07	+10,86	—1,23	+ 4,4	+16,1	7,16	—0,28	738	+ 25	520	840	...	...	variable	0,44	10,4	— 0,4	148
10	724,01	— 1,04	+ 9,99	—2,24	+ 6,4	+13,8	5,54	—1,98	625	— 88	490	650	...	...	NNE. 2	0,33	9,6	— 1,3	146
11	724,67	— 0,48	+10,32	—2,05	+ 3,5	+16,4	5,37	—2,23	598	—116	390	800	...	...	N. 1	0,03	11,0	0,0	145
12	722,94	— 2,26	+12,51	0,00	+ 4,9	+17,0	7,02	—0,66	649	— 65	470	790	...	...	variable	0,27	11,6	+ 0,5	145
13	719,96	— 5,29	+15,44	+2,78	+10,0	+22,5	7,27	—0,49	585	—129	360	820	...	...	N. 1	0,40	11,9	+ 0,7	145
14	716,15	— 9,15	+14,56	+1,76	+ 7,8	+21,8	7,03	—0,81	587	—127	410	700	...	...	N. 1	0,37	—	—	145
15	716,01	— 8.74	+14,93	+1,99	+ 8,9	+22,3	7,07	—0,84	591	—123	330	880	..	...	NNE. 1	0,44	12,7	+ 1,3	146
16	720,35	— 5,05	+12,62	—0,46	+ 9,4	+18,1	6,50	—1,48	638	— 76	350	860	0,2	1	variable	0,49	13,2	+ 1,7	147
17	718,71	— 6,74	+10,04	—3,18	+ 8 0	+13,0	6,51	—1,54	731	+ 17	570	760	...	...	NNE. 2	0,92	13,4	+ 1,8	145
18	724,42	— 1,08	+11,66	—1,71	+ 8,0	+16,1	4,64	—3,48	492	—221	290	670	...	...	N. 2	0,08	12,7	+ 1,0	145
19	730,72	+ 5,17	+11,83	—1,68	+ 3,7	+17,5	5,45	—2,74	540	—173	390	650	...	...	N. 1	0,06	12,7	+ 0,8	144
20	732,15	+ 6,56	+12,78	—0,87	+ 5,0	+19,6	6,13	—2,13	552	—161	310	670	...	...	N. 1	0,29	13,6	+ 1,6	144
21	731,30	+ 5,67	+13,30	—0,49	+ 5,5	+18,1	6,79	—1,54	607	—106	430	790	...	...	N. 1	0,36	—	—	144
22	728,54	+ 2,87	+13,48	—0,44	+ 7,8	+18,6	6,17	—2,23	559	—154	370	690	...	...	N. 1	0,00	14,6	+ 2,4	144
23	726,90	+ 1,19	+13,56	—0,49	+ 6,6	+18,3	7,61	—0,86	665	— 48	510	760	...	...	N. 1	0,26	14,5	+ 2,2	144
24	725,67	— 0,08	+16,43	+2,25	+ 9,6	+22,7	7,98	—0,56	617	— 96	450	730	...	...	N. 1	0,22	14,7	+ 2,3	142
25	726,80	+ 1,01	+15,37	+1,06	+ 8,5	+22,6	7,16	—1,45	507	—206	270	720	...	...	variable	0,32	14,8	+ 2,3	142
26	728,18	+ 2,35	+18,15	+3,70	+12,8	+26,0	8,69	+0,01	592	—120	370	780	...	...	variable	0,66	15,4	+ 2,8	140
27	726,78	+ 0,91	+12,67	—1,91	+12,0	+15,2	9,55	+0,80	893	+181	680	960	10,2	14	SSO. 1	1,00	14,0	+ 1,3	140
28	724,43	— 1,48	+14,04	—0,68	+11,2	+17,3	9,73	+0,91	828	+116	640	950	...	...	variable	0,92	—	—	140
29	728,32	+ 2,37	+16,76	+1,91	+10,1	+23,1	10,09	+1,21	748	+ 36	460	920	...	...	N. 1	0,49	13,1	+ 0,2	144
30	727,01	+ 1,02	+18,73	+3,75	+12,0	+25,8	10,73	+1,78	689	— 23	440	870	...	...	variable	0,34	14,6	+ 1,6	144
31	725,14	— 0,89	+17,62	+2,51	+10,9	+23,2	8,62	—0,40	597	—115	400	840	...	...	NNE. 1	0,08	16,1	+ 3,0	145

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,83	727,91	727,68	727,18	726,70	726,20	726,06	726,55	726,94
2e "	722,98	723,22	723,10	722,70	722,23	721,81	721,85	722,49	723,09
3e "	727,98	728,12	727,78	727,26	726,53	726,20	726,21	726,55	727,18
Mois	726,32	726,47	726,24	725,76	725,20	724,78	724,76	725,24	725,78
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 7,76	+10,52	+12,15	+13,46	+15,70	+15,88	+14,85	+12,52	+10,79
2e "	+ 8,81	+11,46	+13,07	+15,40	+16,75	+17,37	+16,56	+14,06	+12,12
3e "	+11,82	+14,09	+16,40	+18,36	+19,57	+19,64	+18,62	+16,81	+15,42
Mois	+ 9,54	+12,09	+13,96	+15,82	+17,41	+17,70	+16,74	+14,54	+12,86
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	5,71	5,90	5,89	5,64	5,52	5,19	5,67	5,95	6,08
2e "	6,55	6,50	6,15	5,95	5,88	6,32	6,16	6,72	6,78
3e "	8,48	8,39	8,12	8,09	8,16	8,23	8,82	9,21	9,02
Mois	6,96	6,98	6,76	6,61	6,57	6,63	6,95	7,36	7,35
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	733	624	560	495	419	393	451	555	637
2e "	737	642	546	461	416	432	438	560	644
3e "	801	691	589	509	485	492	564	656	696
Mois	758	654	566	489	441	441	487	593	660

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 6,05	+16,92	0,26	9,11	0,0	148,6
2e "	+ 6,92	+18,43	0,33	12,53	0,2	145,1
3e "	+ 9,73	+20,99	0,42	14,64	10,2	142,6
Mois	+ 7,32	+ 18,55	0,34	12,10	10,4	145,4

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,60 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2°,1 E., et son intensité est égale à 63,2 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1871.

Le 1, brouillard une partie de la journée.
9, id. le soir; il est tombé dans l'après-midi de la neige en petite quantité, qui n'a pas pu être mesurée.
10, id. dans l'après-midi.
11, il est tombé dans la nuit un peu de neige, qui n'a pas pu être mesurée.
14, brouillard le soir.
15, id. tout le jour.
16, id. dans la matinée.
17, id. presque tout le jour.
18, id. le matin.
20, id. le soir.
21, id. le matin.
24, id. le matin et le soir.
25, 26, 27, 28, brouillard presque tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir	566,08	5 à 8 h. matin	563,52
6 à 2 h. après m.	565,90	10 à 10 h. matin	560,66
12 à 10 h. matin	562,96	15 à 8 h. matin	556,02
16 à 10 h. soir	559,94	17 à 6 h. soir	555,71
20 à midi	568,46	24 à 4 h. après m.	565,95
26 à 10 h. soir	568,03	28 à 10 h. matin	562,63
29 à 10 h. soir	568,91		

Jours du mois	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	563,51	+ 0,79	561,91	564,77	— 5,98	— 4,55	— 6,9	— 3,0	.....	.....	....	NE. 2	0,71
2	565,82	+ 3,00	564,83	566,08	+ 2,16	+ 3,44	— 3,6	+ 8,0	.....	.....	....	calme	0,26
3	565,62	+ 2,70	565,41	565,84	+ 3,16	+ 4,30	— 2,6	+ 8,6	.....	.....	....	variable	0,28
4	564,85	+ 1,83	564,58	565,36	+ 2,53	+ 3,53	0,0	+ 6,4	.....	.....	....	NE. 1	0,86
5	564,47	+ 1,36	563,52	565,37	— 1,37	— 0,51	— 4,4	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,20
6	565,57	+ 2,37	565,24	565,90	+ 0,42	+ 1,14	— 3,2	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,00
7	564,71	+ 1,41	564,33	565,11	— 0,09	+ 0,49	— 3,0	+ 2,6	.....	.....	....	NE. 1	0,02
8	564,36	+ 0,96	564,05	564,57	— 0,78	— 0,34	— 2,3	+ 2,1	.....	.....	....	NE. 1	0,05
9	562,31	— 1,19	561,87	562,81	— 0,61	— 0,31	— 3,4	+ 3,1	.....	.....	....	NE. 1	0,73
10	561,01	— 2,59	560,66	561,31	0,00	+ 0,16	— 4,3	+ 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,52
11	562,57	— 1,12	562,13	562,91	+ 1,20	+ 1,22	— 1,6	+ 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,36
12	562,77	— 1,02	562,41	562,96	+ 2,43	+ 2,31	— 3,0	+ 8,4	.....	.....	....	variable	0,07
13	560,57	— 3,32	560,17	560,83	+ 3,09	+ 2,83	+ 1,2	+ 7,2	.....	.....	....	variable	0,59
14	557,28	— 6,71	556,74	558,31	+ 3,27	+ 2,87	+ 1,0	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 1	0,61
15	556,78	— 7,31	556,02	557,98	+ 0,24	— 0,29	— 1,2	+ 3,0	.....	.....	....	NE. 1	0,91
16	558,57	— 5,61	556,64	559,94	+ 0,11	— 0,55	— 3,2	+ 4,8	10	1,8	....	NE. 1	0,59
17	556,78	— 7,50	555,71	558,84	— 1,68	— 2,48	— 3,0	+ 3,4	12	1,9	....	NE. 1	0,90
18	560,99	— 3,39	558,19	563,45	— 3,57	— 4,50	— 5,0	+ 0,7	.....	.....	....	NE. 1	0,38
19	566,55	+ 2,07	565,19	568,21	— 0,47	— 1,53	— 4,5	+ 2,2	.....	.....	....	NE. 1	0,20
20	567,92	+ 3,35	567,21	568,46	— 0,20	— 1,39	— 4,9	+ 4,7	.....	.....	....	NE. 1	0,62
21	567,03	+ 2,37	566,55	567,41	— 1,71	— 3,03	— 2,4	+ 1,0	.....	.....	....	NE. 2	0,37
22	566,51	+ 1,75	566,30	566,70	+ 3,05	+ 1,60	— 1,9	+ 7,0	.....	.....	....	NE. 1	0,03
23	566,44	+ 1,58	566,14	566,58	+ 2,95	+ 1,37	— 1,3	+ 6,8	.....	.....	....	SO. 1	0,02
24	566,15	+ 1,20	565,95	566,41	+ 3,49	+ 1,78	+ 1,0	+ 8,0	.....	.....	....	variable	0,50
25	567,27	+ 2,23	566,51	567,84	+ 1,32	— 0,51	— 0,9	+ 4,8	.....	.....	....	SO. 1	0,71
26	564,78	— 0,35	567,62	568,03	+ 3,97	+ 2,02	+ 0,4	+ 10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,76
27	564,92	— 0,31	563,62	566,15	+ 0,94	— 1,13	+ 0,6	+ 3,8	.....	.....	....	SO. 1	0,86
28	565,07	— 0,25	562,63	567,33	— 0,03	— 2,22	0,0	+ 2,0	65	18,4	....	SO. 1	0,82
29	568,59	+ 3,18	567,68	568,91	+ 4,52	+ 2,21	+ 0,5	+ 9,0	.....	.....	....	SO. 1	0,61
30	567,66	+ 2,16	567,18	568,18	+ 4,77	+ 2,34	+ 2,0	+ 9,0	.....	.....	....	NE. 1	0,44
31	565,65	+ 0,06	565,42	565,95	+ 3,91	+ 1,36	+ 2,3	+ 7,2	.....	.....	....	NE. 1	0,19

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	563,91	563,99	563,99	564.20	564,36	564,35	564,36	564,50	564,50
2e »	560,74	560,71	560,91	561,07	561,07	561,03	561,26	561,52	561,54
3e »	566,42	566,54	566,58	566,78	566,69	566,70	566,61	566,74	566,85
Mois	563,80	563,84	563,92	564,11	564,13	564.11	564,16	564,33	564,38
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 3,14	+ 1,42	+ 1,98	+ 2,65	+ 3,29	+ 2,68	+ 1,13	— 0,53	— 1,26
2e »	— 2,06	+ 0,91	+ 2,74	+ 4,24	+ 4,68	+ 3,09	+ 0,89	— 0,29	— 1,50
3e »	+ 0,49	+ 2,72	+ 3,89	+ 5,23	+ 5,88	+ 5,35	+ 3,65	+ 2,21	+ 1,55
Mois	— 1,50	+ 1,72	+ 2,87	+ 4,08	+ 4,66	+ 3,76	+ 1,95	+ 0,52	— 0,34

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 3,37	+ 3,92	0,36	0,0	00
2e »	— 2,42	+ 5,00	0,52	3,7	22
3e »	+ 0,03	+ 6,24	0,48	18,4	65
Mois	— 1,86	+ 5,09	0,46	22,1	87

Dans ce mois, l'air a été calme 18 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,42 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 49,5 sur 100.

* Voir la note du tableau.



OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUIN 1871.

Le 2, forte bise depuis 2 h. de l'après-midi, jusque dans la nuit du 3 au 4.

4, il a neigé sur toutes les montagnes des environs, presque jusqu'au pied; la neige est restée plusieurs jours sur les Voirons avant de fondre.

8, il a neigé de nouveau sur le Grand Salève, sur les Voirons et sur le Jura.

19, éclairs et tonnerres à l'Ouest de 1 $^1/_2$ h. à 2 h. après midi.

20, peu avant le coucher du soleil, bel arc-en-ciel; sur le bord intérieur, on voyait un second arc coloré plus pâle et plus étroit; à 10 h. soir, éclairs à l'Ouest.

22, à 6 h. soir, faible halo solaire partiel.

23, forte rosée le matin; halo solaire complet de 8 h. à 1 h.; le soir, éclairs à l'Ouest.

24, halo solaire avec parhélies de 8 à 10 h. du matin.

26, neige sur le Jura et sur le Môle.

30, forte rosée le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 6 à 10 h. soir	725,89
9 à 10 h. soir	726,88
14 à 8 h. matin	728,26
18 à 10 h. matin	725,24
19 à 10 h. soir	727,12
22 à 8 h. matin	728,15
26 à 10 h. soir	730,70

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 6 h. matin	718,47
7 à 4 h. après m.	721,19
11 à 4 h. après m.	723,97
17 à 6 h. matin	721,05
18 à 10 h. soir	722,91
20 à midi	723,33
25 à 4 h. après m.	721,86
29 à 6 h. soir	724,00

GENÈVE. — JUIN 1871.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	723,24	— 2,84	+16,98	+1,74	+11,8	+21,1	9,14	+0,06	647	— 65	520	760	...	...	N. 1	0,18	16,5	+ 3,3	145
2	721,36	— 4,77	+15,33	—0,03	+11,7	+20,5	6,51	—2,63	535	—176	400	710	...	...	N. 2	0,51	17,4	+ 4,0	145
3	721,27	— 4,91	+ 9,39	—6,09	+ 7,2	+13,1	4,63	—4,57	570	—141	390	750	...	...	NNE. 3	0,60	15,7	+ 2,2	147
4	718,69	— 7,54	+ 6,24	—9,36	+ 3,8	+ 9,6	6,34	—2,92	902	+192	670	930	9,9	13	variable	1,00	—	—	149
5	720,40	— 5,88	+10,17	—5,55	+ 6,4	+15,8	6,72	—2,60	745	+ 36	530	880	...	...	variable	0,87	15,2	+ 1,5	149
6	724,22	— 2,11	+10,84	—5,00	+ 7,8	+15,2	6,53	—2,85	703	— 6	450	900	0,2	1	variable	0,90	15,0	+ 1,2	149
7	722,57	— 3,81	+11,50	—4,46	+ 7,7	+16,5	5,81	—3,63	603	—105	390	760	...	...	SO. 2	0,67	15,0	+ 1,0	—
8	723,25	— 3,18	+ 8,80	—7,28	+ 6,9	+13,1	6,02	—3,48	742	+ 34	550	850	4,5	5	SSO. 1	0,76	8,6	— 5,5	—
9	725,46	— 1,02	+ 9,94	—6,26	+ 6,8	+15,0	6,40	—3,15	725	+ 18	460	850	...	...	SSO. 1	0,90	8,2	— 6,0	—
10	726,16	— 0,37	+11,50	—4,81	+ 6,9	+16,3	6,73	—2,87	683	— 23	470	870	...	...	S. 1	0,77	8,4	— 5,9	145
11	725,10	— 1,47	+12,38	—4,04	+ 7,8	+18,5	7,06	—2,59	695	— 11	420	880	...	...	N. 1	0,27	—	—	145
12	724,92	— 1,69	+15,60	—0,93	+ 6,3	+21,0	7,40	—2,30	629	— 76	330	830	...	...	variable	0,19	13,2	— 1,3	145
13	727,27	+ 0,62	+17,07	+0,43	+ 8,7	+22,2	7,97	—1,78	571	—133	350	790	...	...	N. 1	0,18	15,6	+ 1,0	145
14	727,60	+ 0,91	+17,89	+1,15	+ 9,3	+24,6	7,55	—2,25	530	—174	230	740	...	...	N. 1	0,34	16,7	+ 2,0	145
15	725,73	— 1,00	+19,87	+3,03	+10,7	+28,9	9,72	—0,13	577	—126	360	750	...	...	variable	0,34	17,9	+ 3,1	—
16	724,06	— 2,71	+21,38	+4,44	+17,6	+28,1	11,65	+1,76	637	— 65	440	830	...	...	variable	0,42	17,7	+ 2,7	145
17	721,75	— 5,07	+18,49	+1,45	+13,5	+24,1	11,30	+1,37	735	+ 34	490	890	16,6	7	SSO. 1	0,73	17,4	+ 2,4	145
18	724,74	— 2,12	+13,97	—3,17	+12,4	+17,4	10,48	+0,51	899	+199	700	1000	13,0	16	variable	0,99	—	—	145
19	724,49	— 2,42	+13,18	—4,05	+12,0	+16,9	8,70	—1,31	796	+ 97	540	900	6,2	5	SSO. 2	0,89	12,1	— 3,1	155
20	724,60	— 2,35	+14,23	—3,09	+11,8	+18,0	8,51	—1,54	723	+ 25	590	790	6,3	5	SSO. 2	0,93	10,1	— 5,2	160
21	725,71	— 1,29	+12,51	—4,90	+10,6	+16,2	8,13	—1,96	785	+ 88	580	910	6,1	6	SSO. 1	0,97	8,1	— 7,4	164
22	727,62	+ 0,58	+13,42	—4,08	+ 9,8	+18,1	8,39	—1,74	735	+ 39	530	890	...	...	N. 1	0,46	7,0	— 8,6	166
23	726,53	— 0,56	+17,74	+0,16	+ 8,9	+25,0	9,67	—0,50	657	— 38	380	900	...	...	SSO. 1	0,48	8,8	— 6,9	166
24	725,28	— 1,85	+20,38	+2,72	+14,8	+26,1	10,28	+0,07	594	—100	440	720	...	...	variable	0,68	13,5	— 2,3	167
25	722,40	— 4,78	+14,23	—3,51	+12,8	+19,1	10,72	+0,47	911	+218	790	940	10,8	14	variable	1,00	—	—	170
26	729,05	+ 1,83	+ 9,70	—8,12	+ 6,8	+13,0	7,01	—3,27	786	+ 94	590	990	6,7	6	variable	0,96	12,7	— 3,3	177
27	730,05	+ 2,78	+ 9,05	—8,85	+ 6,9	+13,9	6,80	—3,51	816	+125	500	950	1,4	2	variable	0,80	13,7	— 2,4	181
28	727,79	+ 0,48	+13,94	—4,03	+ 7,0	+20,0	8,58	—1,76	732	+ 42	470	910	1,6	2	OSO. 1	0,82	13,8	— 2,4	182
29	725,84	— 1,51	+15,60	—2,44	+10,1	+20,4	8,03	—2,34	637	— 52	420	920	...	...	N. 1	0,10	14,0	— 2,3	—
30	725,35	— 2,04	+16,69	—1,42	+ 8,9	+24,7	10,82	+0,42	755	+ 67	550	860	...	...	variable	0,63	14,4	— 1,9	—

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	722,76	722,85	722,83	722,64	722,36	722,21	722,40	722,88	723,19
2e «	725,31	725,49	725,33	725,05	724,70	724,34	724,37	724,64	725,26
3e «	726,89	726,96	726,75	726,48	726,25	725,98	726,04	726,36	726,87
Mois	724,99	725,10	724,97	724,72	724,44	724,18	724,27	724,62	725,11
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 9,07	+10,76	+12,18	+13,82	+14,08	+14,22	+12,81	+11,08	+10,06
2e «	+13,00	+16,24	+17,92	+19,10	+19,42	+20,28	+19,35	+17,03	+15,03
3e «	+11,79	+14,32	+14,93	+17,25	+17,77	+17,57	+16,80	+14,77	+13,18
Mois	+11,28	+13,78	+15,01	+16,73	+17,09	+17,36	+16,32	+14,30	+12,76
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	6,85	6,62	6,40	6,46	6,53	6,03	6,36	6,64	6,82
2e «	8,85	9,22	8,99	8,54	8,73	8,68	9,20	9,96	9,50
3e «	8,94	8,75	8,53	8,78	9,05	8,76	8,85	9,02	9,29
Mois	8,21	8,20	7,97	7,92	8,11	7,82	8,14	8,54	8,54
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	792	696	616	558	542	494	578	676	743
2e «	790	671	591	525	534	508	581	690	746
3e «	863	714	678	595	576	589	635	719	823
Mois	815	694	628	559	551	530	598	695	771

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 7,72	+15,62	0,71	13,33	14,6	147,0
2e «	+11,01	+21,97	0,53	15,09	42,1	145,6
3e «	+ 9,66	+19,65	0,69	10,60	26,6	171,6
Mois	+ 9,46	+19,08	0,65	13,33	83,3	154,7

Dans ce mois, l'air a été calme 6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,91 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 79°,5 O., et son intensité est égale à 19,4 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUIN 1871.

Le 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, brouillard tout le jour.
13, brouillard le matin.
16, id. presque tout le jour.
20, id. depuis midi.
21, id. tout le jour.
22, 23, id. le matin.
24, id. le soir.
25, 26, 27, brouillard tout le jour; la neige du 26 a été en partie emportée par le vent du Nord, soufflant avec violence.
29, brouillard le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm
Le 6 à 10 h. soir	560,96
16 à 10 h. matin	568,70
19 à 10 h. soir.....	564,59
24 à 10 h. matin	568,13
30 à 10 h. soir	568,61

MINIMUM.	mm
Le 4 à 6 h. matin...........	553,35
8 à 6 h. matin	557,74
19 à 6 h. matin	561,19
21 à 2 h. après m.	562,93
25 à 6 h. soir	561,53

Jours du mois	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent		Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	dominant		
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.				
1	564,28	— 1,40	563,93	564,66	+ 6,53	+ 3,86	+ 1,4	+10,0	.....	.....	....	calme		0,12
2	560,60	— 5,17	559,15	562,13	+ 1,21	— 1,58	— 1,4	+ 4,3	.....	.....	....	NE.	1	0,90
3	556,38	— 9,48	555,11	557,28	— 7,03	— 9,93	— 7,4	— 5,1	.....	.....	....	NE.	1	1,00
4	554,32	—11,62	553,35	555,56	— 5,91	— 8,92	— 7,5	— 2,5	50	8,2	....	NE.	1	0,91
5	557,45	— 8,57	555,98	558,89	— 3,89	— 7,01	— 6,2	+ 2,1	15	3,0	....	NE.	1	0,93
6	560,23	— 6,08	558,96	560,96	— 4,06	— 7,29	— 6,0	— 1,2	.....	.....	....	NE.	1	0,98
7	559,19	— 7,00	558,96	559,84	— 1,85	— 5,19	— 5,4	+ 3,4	.....	.....	....	NE.	1	0,92
8	558,82	— 7,45	557,74	560,30	— 4,73	— 8,18	— 5,5	— 2,8	40	5,9	....	NE.	1	1,00
9	561,62	— 4,73	560,35	562,56	— 0,64	— 4,19	— 3,0	+ 3,9	.....	.....	....	NE.	1	0,87
10	562,15	— 4,28	561,80	562,78	— 2,67	— 6,32	— 5,1	+ 1,4	.....	.....	....	NE.	1	0,90
11	563,06	— 3,45	562,67	563,62	+ 1,23	— 2,52	— 4,8	+ 6,6	.....	.....	....	NE.	1	0,23
12	564,11	— 2,48	563,12	565,26	+ 2,49	— 1,36	— 2,0	+ 7,4	.....	.....	....	NE.	1	0,40
13	566,35	— 0,32	565,17	567,46	+ 2,29	— 1,66	— 0,5	+ 4,6	.....	.....	....	NE.	1	0,49
14	568,10	+ 1,35	567,25	568,65	+ 7,04	+ 3,00	+ 4,0	+11,1	.....	.....	....	calme		0,22
15	568,21	+ 1,39	567,83	568,41	+ 7,33	+ 3,20	+ 3,8	+11,2	.....	.....	....	SO.	1	0,36
16	568,24	+ 1,34	567,97	568,70	+ 4,63	— 0,41	+ 4,3	+ 6,0	.....	.....	....	SO.	1	0,87
17	566,56	— 0,41	565,55	567,35	+ 3,50	— 0,81	+ 3,0	+ 6,0	.....	.....	....	SO.	2	0,72
18	564,22	— 2,82	563,03	565,20	+ 2,39	— 2,01	+ 2,8	+ 3,4	.....	20,0	....	SO.	1	1,00
19	562,89	— 4,22	561,19	564,59	+ 1,83	— 2,66	+ 0,2	+ 4,6	.....	31,3	....	variable		0,97
20	563,48	— 3,70	563,22	563,89	+ 1,77	— 2,81	— 1,6	+ 5,0	75	7,1	....	calme		0,81
21	563,11	— 4,14	562,93	563,59	— 0,03	— 4,69	— 1,8	+ 4,5	.....	5,6	....	NE.	1	0,96
22	565,49	— 1,83	564,28	566,22	+ 1,25	— 3,49	— 2,2	+ 4,6	.....	.....	....	NE.	1	0,40
23	567,41	+ 0,02	566,68	568,04	+ 5,66	+ 0,84	+ 1,6	+ 9,0	.....	.....	....	SO.	1	0,64
24	567,68	+ 0,23	567,04	568,13	+ 5,88	+ 0,98	+ 3,3	+ 9,4	.....	....	....	SO.	1	0,48
25	562,41	— 5,10	561,53	564,55	+ 1,33	— 3,72	— 1,0	+ 3,4	.....	2,3	....	variable		0,99
26	562,75	— 4,82	561,86	563,58	— 4,82	— 9,87	— 6,2	— 2,4	45	6,3	....	NE.	3	1,00
27	563,73	— 3,90	563,37	564,60	— 5,32	—10,44	— 6,0	— 3,6	10	2,1	....	NE.	2	0,96
28	564,68	— 3,01	563,94	565,42	— 1,11	— 6,30	— 4,0	+ 1,0	.....	.....	....	NE.	2	0,66
29	565,57	— 2,18	564,69	566,62	+ 3,70	— 1,56	0,0	+ 7,6	.....	.....	....	NE.	1	0,32
30	567,52	— 0,29	566,42	568,61	+ 9,07	+ 3,74	+ 6,2	+13,0	.....	.....	....	calme		0,67

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	559,18	559,22	559,40	559,57	559,61	559,60	559,70	559,81	559,82
2e »	565,25	565,32	565,44	565,65	565,60	565,60	565,63	565,75	565,83
3e »	564,67	564,81	564,95	564,96	565,05	565,13	565,19	565,39	565,55
Mois	563,00	563,12	563,26	563,39	563,42	563,44	563,51	563,65	563,74
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,01	— 2,05	0,00	+ 0,92	+ 0,91	— 0,86	— 2,29	— 3,12	— 3,67
2e »	+ 1,06	+ 3,86	+ 5,27	+ 6,21	+ 6,07	+ 5,59	+ 4,34	+ 3,01	+ 2,20
3e »	— 0,20	+ 1,23	+ 2,69	+ 3,87	+ 4,33	+ 3,44	+ 2,49	+ 1,52	+ 1,25
Mois	— 1,05	+ 1,01	+ 2,65	+ 3,67	+ 3,77	+ 2,72	+ 1,51	+ 0,47	— 0,07

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 4,61	+ 1,35	0,85	17,1	105
2e »	+ 0,92	+ 6,59	0,91	58,4	75
3e »	— 1,01	+ 4,45	0,71	16,3	55
Mois	— 1,57	+ 4,13	0,72	91,8	235

Dans ce mois, l'air a été calme 20 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,31 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 53,7 sur 100.

* Voir la note du tableau.



OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JUILLET 1871.

Le 1, à 3 h., halo solaire.

2, à 10 h. soir, éclairs au N.-E.

3, éclairs et tonnerres de midi à 3 h.

4, à midi, faible halo solaire partiel, avec parhélie à droite; à 1 h. le halo est complet.

8, forte rosée le matin; halo solaire de 8 h. à 9 1/2 h.

10, de 5 h. à 6 h. matin, orage avec éclairs et tonnerres.

12, hâle tout le jour.

13, 14, 15, 17, 18, rosée le matin ; le 18, le vent tourne du Nord au Sud quelques minutes après 2 h., et la température s'élève de 6° au bout d'une demi-heure.

19, hâle dans la journée ; le soir, de 8 1/4 h. à 9 1/4 h., orage assez violent, avec éclairs et tonnerres et quelques grêlons pendant une violente averse. Vers 8 1/2 h., les éclairs se succédaient presque sans interruption, ils étaient dirigés d'un nuage à l'autre et se ramifiaient presque tous dans un grand nombre de branches; direction de l'orage OSO. à E.

20, à 1 h., halo solaire.

23, de 6 1/2 h. à 7 h. matin, orage avec éclairs et tonnerres; de 8 1/2 h. à 11 h. soir, succession d'orages avec éclairs et tonnerres, suivant la direction de SO. à NE. Le plus violent éclate à 10 h., à ce moment pluie torrentielle pendant une demi-heure, pendant laquelle il tombe près de 16 millimètres.

27, dans la soirée, halo lunaire.

28, à 5 1/4 h. soir, orage avec éclairs et tonnerres, accompagné d'une pluie torrentielle qui dure une demi-heure, pendant laquelle il tombe 18 millimètres ; direction de l'orage SO.-NE.

29, forte rosée le matin; le soir halo lunaire et couronne lunaire.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. matin	727,75	Le 2 à 6 h. soir	720,82
6 à 8 et 10 h. matin	735,16	11 à 8 h. matin	722,17
16 à 8 et 10 h. matin	731,70	20 à 6 h. matin	723,59
21 à 6 h. matin	727,73	22 à 6 h. soir	722,39
24 à 8 h. matin	725,95	25 à 6 h. soir	720,60
28 à 10 h. soir	731,62	29 à 10 h. soir	724,21
31 à 10 h. soir	731,00		

GENEVE. — JUILLET 1871.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0	0	cm.
1	726,84	— 0,58	+20,37	+2,20	+15,8	+26,9	12,12	+1,69	700	+ 13	440	900	0,6	1	variable	0,73	16,2	— 0,2	182
2	723,47	— 3,98	+20,90	+2,67	+17,8	+27,9	12,34	+1,88	688	+ 2	500	800	...	...	variable	0,27	—	—	182
3	724,47	— 3,01	+15,15	—3,13	+13,4	+20,2	10,46	—0,03	858	+173	580	990	15,3	10	variable	0,96	14,0	— 2,6	182
4	729,25	+ 1,74	+18,28	—0,05	+11,9	+24,0	8,97	—1,55	599	— 85	340	890	...	...	SSO. 1	0,31	14,7	— 2,0	182
5	730,84	+ 3,30	+14,41	—3,97	+13,4	+18,0	11,35	+0,81	914	+231	730	990	10,4	10	variable	0,92	13,8	— 2,9	184
6	734,74	+ 7,17	+15,61	—2,82	+11,0	+20,0	9,32	—1,24	717	+ 34	480	910	...	...	N. 1	0,09	14,8	— 2,0	185
7	731,44	+ 3,84	+16,84	—1,64	+ 9,9	+22,7	9,90	—0,68	699	+ 17	460	850	...	...	N. 1	0,00	15,5	— 1,4	188
8	728,44	+ 0,81	+19,39	+0,87	+12,9	+27,0	13,26	+2,66	781	+ 99	620	910	...	...	variable	0,50	15,8	— 1,2	189
9	728,21	+ 0,55	+22,02	+3,46	+16,6	+29,0	13,04	+2,42	678	— 3	420	830	...	...	variable	0,26	—	—	189
10	725,75	— 1,94	+22,60	+4,00	+17,7	+29,0	13,29	+2,66	678	— 3	410	940	4,8	1	variable	0,70	19,6	+ 2,5	190
11	722,90	— 4,81	+17,99	—0,65	+14,5	+23,1	9,83	—0,81	670	— 11	520	760	11,7	6	SO. 2	0,88	17,4	+ 0,2	191
12	729,21	+ 1,48	+14,52	—4,15	+12,2	+19,0	8,56	—2,09	716	+ 36	500	870	...	...	variable	0,50	15,8	— 1,5	191
13	729,61	+ 1,86	+16,33	—2,37	+ 9,0	+22,0	9,49	—1,47	675	— 5	390	910	...	...	N. 1	0,23	16,7	— 0,7	200
14	729,45	+ 1,68	+19,63	+0,91	+12,2	+26,3	11,41	+0,74	678	— 2	420	870	...	...	N. 1	0,07	17,4	— 0,1	200
15	729,87	+ 2,08	+21,08	+2,34	+12,1	+28,9	13,93	+3,25	732	+ 53	530	840	...	...	N. 1	0,41	16,4	— 1,1	203
16	731,11	+ 3,30	+22,71	+3,95	+16,6	+28,4	14,87	+4,18	724	+ 45	520	840	..	...	N. 1	0,02	—	—	206
17	730,49	+ 2,66	+23,30	+4,52	+17,6	+29,0	14,95	+4,25	708	+ 29	460	820	...	...	variable	0,03	21,2	+ 3,5	208
18	728,47	+ 0,62	+25,29	+6,50	+16,6	+33,7	15,17	+4,46	638	— 41	370	830	...	...	variable	0,03	21,8	+ 4,1	209
19	725,92	— 1,95	+27,45	+8,66	+19,7	+34,6	13,77	+3,05	540	—138	300	800	8,3	0,5	variable	0,37	21,7	+ 3,9	212
20	725,39	— 2,50	+23,00	+4,20	+18,5	+27,0	10,97	+0,24	556	—122	400	670	...	...	O. 2	0,37	18,8	+ 0,9	216
21	727,08	— 0,83	+19,95	+1,15	+15,1	+25,0	10,32	—0,42	621	— 57	360	840	...	...	N. 1	0,00	18,5	+ 0,6	220
22	724,10	— 3,83	+23,15	+4,34	+12,8	+31,5	11,33	+0,59	563	—116	360	780	...	...	S. 2	0,06	20,0	+ 2,0	221
23	724,06	— 3,89	+20,34	+1,53	+15,4	+27,0	12,83	+2,09	743	+ 64	540	960	20,5	10	SSO. 1	0,82	—	—	223
24	725,33	— 2,64	+15,08	—3,72	+13,0	+18,9	9,45	—1,29	759	+ 80	540	940	...	...	SSO. 1	0,80	14,3	— 3,8	224
25	721,26	— 6,73	+14,27	—4,52	+12,1	+18,2	8,90	—1,85	823	+143	610	900	7,6	10	SSO. 1	0,90	11,9	— 6,2	224
26	723,12	— 4,89	+16,91	—1,87	+13,0	+22,0	8,12	—2,63	590	— 90	410	720	...	...	SSO. 2	0,14	12,1	— 6,1	228
27	724,61	— 3,42	+21,73	+2,96	+15,7	+26,9	10,40	—0,65	537	—143	400	660	...	...	SSO. 2	0,56	11,8	— 6,4	230
28	729,35	+ 1,31	+19,45	+0,70	+15,7	+25,6	13,40	+2,65	802	+121	520	940	25,2	0,7	variable	0,62	12,0	— 6,3	230
29	728,77	+ 0,72	+18,31	—0,42	+12,6	+25,1	12,38	+1,63	789	+108	600	900	...	...	variable	0,02	14,6	— 3,8	231
30	727,61	— 0,45	+17,01	—1,69	+14,1	+20,9	10,32	—0,43	743	+ 61	580	910	4,1	0,8	SSO. 1	0,66	—	—	230
31	729,88	+ 1,81	+16,15	—2,52	+12,4	+21,8	7,66	—3,09	593	— 89	400	880	...	...	variable	0,37	16,6	— 1,8	233

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1871.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,98	729,08	728,81	728,45	728,01	727,55	727,41	727,76	728,30
2e «	728,42	728,67	728,62	728,41	727,97	727,76	727,74	728,19	728,70
3e «	726,17	726,43	726,38	726,15	725,67	725,34	725,23	725,56	726,01
Mois	727,80	728,01	727,89	727,62	727,17	726,83	726,74	727,12	727,62
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+15,81	+17,71	+19,50	+20,77	+22,03	+22,47	+21,78	+19,58	+18,07
2e «	+17,58	+20,91	+22,31	+23,94	+25,08	+25,57	+24,87	+22,19	+19,79
3e «	+15,51	+17,89	+19,37	+21,07	+22,65	+22,62	+21,32	+19,18	+17,05
Mois	+16,27	+18,80	+20,36	+21,90	+23,23	+23,52	+22,61	+20,28	+18,26
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	11,55	11,74	11,53	11,08	11,10	11,03	11,67	11,93	11,51
2e «	11,66	12,20	12,39	12,31	12,62	11,82	12,18	13,04	12,64
3e «	10,18	10,75	10,33	10,25	10,47	10,38	11,02	10,89	10,97
Mois	11,10	11,54	11,38	11,18	11,37	11,05	11,60	11,92	11,68
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	862	774	685	612	562	570	612	705	746
2e «	780	663	612	557	533	492	519	640	724
3e «	784	706	621	559	530	514	589	664	765
Mois	808	714	639	575	541	525	574	669	746

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+14,04	+24,47	0,47	15,55	28,1	185,3
2e «	+14,90	+27,20	0,29	18,58	20,0	203,6
3e «	+13,81	+23,90	0,45	14,64	57,4	226,7
Mois	+14,24	+25,15	0,41	16,28	105,5	205,9

Dans ce mois, l'air a été calme 5 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,63 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 68°,2 O., et son intensité est égale à 27,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JUILLET 1871.

Le 1, brouillard le soir.
2, id. le matin et le soir.
3, id. presque tout le jour.
5, id. tout le jour.
6, id. le matin.
9, à 7 heures du soir, faible orage avec éclairs et tonnerres.
10 et 11, brouillard tout le jour.
12, brouillard le matin.
15, id. le matin et le soir.
17, la glace a disparu entièrement du lac près de l'hospice.
19, à 5 h. soir, orage avec éclairs et tonnerres du côté du Nord-Est.
21, brouillard le matin.
23, dès 9 $^3/_4$ h. m., fréquents coups de tonnerres au Nord-Est, l'orage éclate un peu plus tard à l'hospice. Vers 5 h. soir, second orage avec éclairs et tonnerres; brouillard presque tout le jour.
24, brouillard presque tout le jour.
25, id. ; il est tombé un peu de neige, en trop petite quantité pour que la hauteur pût être mesurée.
28, brouillard le soir.
30 et 31, brouillard presque tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. matin	569,15	Le 3 à 4 h. après m.	564,47
6 à 10 h. soir	572,70	12 à 6 h. matin	564,40
17 à 8 et 10 h. soir	574,00	21 à 6 h. matin	567,73
22 à 10 h. soir	569,46	25 à midi	560,53
29 à 10 h. matin	572,30	31 à 6 h. matin	566,79

SAINT-BERNARD. — JUILLET 1871.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	568,77	+ 0,90	568,47	569,15	+ 8,10	+ 2,70	+ 5,2	+10,8	.....	.....	....	SO. 1	0,82
2	567,68	— 0,25	566,59	568,66	+ 7,02	+ 1,56	+ 5,5	+10,3	.....	.....	....	SO. 1	0,74
3	565,03	— 2,95	564,47	565,82	+ 2,96	— 2,56	0,0	+ 7,0	10	12,2	....	SO. 1	0,94
4	569,00	+ 0,97	566,72	570,15	+ 5,75	+ 0,17	— 1,0	+10,2	.....	.....	....	calme	0,20
5	570,08	+ 2,00	569,99	570,28	+ 3,80	— 1,84	+ 2,0	+ 6,0	.....	5,7	....	variable	0,89
6	571,80	+ 3,67	570,69	572,70	+ 2,02	— 3,68	— 0,8	+ 5,5	.....	.....	....	NE. 1	0,33
7	571,96	+ 3,78	571,80	572,23	+ 7,22	+ 1,47	+ 6,0	+12,6	.....	.....	....	NE. 1	0,00
8	571,06	+ 2,83	570,97	571,26	+ 9,55	+ 3,75	+ 5,8	+12,4	.....	.....	....	NE. 1	0,17
9	571,19	+ 2,92	570,81	571,65	+10,30	+ 4,45	+ 7,5	+14,5	.....	7,6	....	NE. 1	0,56
10	569,44	+ 1,13	568,27	570,51	+ 7,59	+ 1,69	+ 6,8	+10,2	.....	.....	....	SO. 1	0,84
11	565,20	— 3,15	564,62	566,72	+ 4,03	— 1,92	+ 0,5	+ 6,4	.....	15,0	....	SO. 1	0,97
12	566,41	— 1,98	564,40	567,73	— 0,57	— 6,56	— 1,3	+ 1,2	20	7,2	....	NE. 1	0,68
13	569,51	+ 1,08	567,96	570,65	+ 5,55	— 0,48	+ 3,2	+ 8,4	.....	.....	....	NE. 1	0,50
14	570,79	+ 2,32	570,11	571,39	+ 7,96	+ 1,89	+ 5,3	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,26
15	572,08	+ 3,57	571,07	573,08	+ 8,74	+ 2,63	+ 7,0	+14,8	.....	.....	....	NE. 1	0,72
16	573,32	+ 4,77	572,87	573,65	+10,37	+ 4,23	+ 6,8	+14,4	.....	.....	....	NE. 1	0,36
17	573,67	+ 5,09	573,42	574,00	+12,43	+ 6,26	+ 7,6	+15,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
18	573,14	+ 4,53	572,99	573,35	+13,97	+ 7,77	+10,4	+17,3	.....	.....	....	NE. 1	0,00
19	571,69	+ 3,05	571,35	572,32	+14,29	+ 8,06	+12,1	+17,5	.....	4,6	....	NE. 1	0,41
20	568,25	— 0,32	568,11	568,65	+ 9,33	+ 3,07	+ 5,8	+13,0	.....	.....	....	NE. 0	0,77
21	568,46	— 0,24	567,73	569,06	+ 7,39	+ 1,10	+ 3,0	+10,7	.....	.....	....	NE. 1	0,20
22	569,04	+ 0,31	568,96	569,46	+11,66	+ 5,35	+ 7,4	+15,0	.....	.....	....	SO. 1	0,33
23	567,42	— 1,33	566,62	568,06	+ 8,83	+ 2,50	+ 8,2	+11,0	.....	5,6	....	SO. 1	0,89
24	564,44	— 4,33	563,68	565,10	+ 5,72	— 0,63	+ 2,8	+ 9,6	.....	11,5	....	variable	0,89
25	561,12	— 7,67	560,53	562,26	+ 1,84	— 4,53	+ 1,2	+ 5,8	.....	8,2	....	NE. 1	0,93
26	563,84	— 4,97	562,23	565,09	+ 7,21	+ 0,83	+ 1,2	+11,3	.....	.....	....	NE. 1	0,08
27	568,26	— 0,57	566,72	569,51	+ 8,40	+ 2,01	+ 7,0	+12,5	.....	.....	....	SO. 1	0,68
28	570,99	+ 2,15	569,76	572,25	+ 7,82	+ 1,42	+ 6,2	+10,7	.....	.....	....	NE. 1	0,94
29	571,25	+ 2,40	570,05	572,30	+10,41	+ 4,00	+ 6,2	+14,5	.....	.....	....	SO. 1	0,11
30	567,47	— 1,39	567,07	568,54	+ 6,95	+ 0,54	+ 5,3	+11,6	.....	.....	....	variable	0,87
31	567,55	— 1,32	566,79	568,65	+ 0,94	— 5,47	0,0	+ 3,8	.....	.....	....	NE. 1	0,87

* Ces colonnes renferment la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. matin à 10 h. soir.

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1871.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	569,50	569,68	569,72	569,76	569,75	569,62	569,55	569,70	569,67
2e »	570,02	570,30	570,41	570,40	570,48	570,51	570,56	570,72	570,80
3e »	566,90	567,15	567,24	567,33	567,34	567,40	567,38	567,51	567,61
Mois	568,75	568,98	569,06	569,10	569,13	569,12	569,11	569,26	569,31

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 4,56	+ 6,24	+ 7,99	+ 9,04	+ 9,52	+ 9,12	+ 7,82	+ 6,41	+ 5,77
2e »	+ 6,70	+ 8,43	+10,35	+11,02	+11,35	+10,91	+ 9,74	+ 8,21	+ 7,48
3e »	+ 5,12	+ 7,17	+ 8,44	+ 9,73	+ 9,55	+ 8,94	+ 7,57	+ 7,03	+ 6,58
Mois	+ 5,45	+ 7,28	+ 8,91	+ 9,92	+10,12	+ 9,63	+ 8,35	+ 7,21	+ 6,61

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 3,70	+ 9,95	0,55	25,5	10
2e »	+ 5,74	+11,66	0,47	26,8	20
3e »	+ 4,41	+10,59	0,62	25,3	—
Mois	+ 4,61	+10,73	0,55	77,6	30

Dans ce mois, l'air a été calme 22 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,73 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 22,6 sur 100.

* Voir la note du tableau.



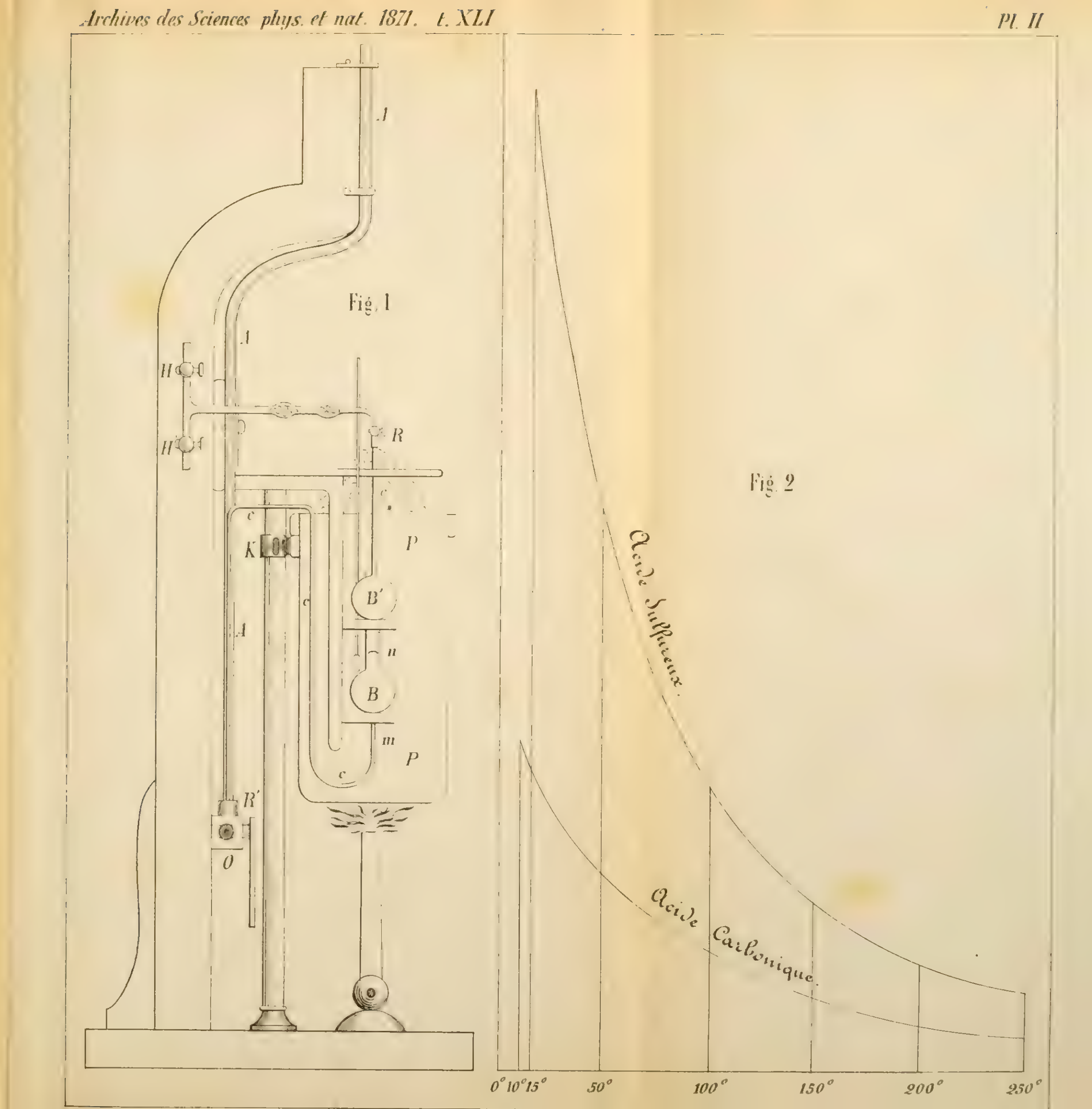

Fig. 1
A
A
A
H
H
R
P
K
B'
n
B
m
P
c
c
c
R'
O
Fig. 2
Acide Sulfureux.
Acide Carbonique.
0° 10° 15°
50°
100°
150°
200°
250°



Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4 Fig. 5 Fig. 6 Fig. 7 Fig. 8 Fig. 9 Fig. 10 Fig. 12 Fig. 13

Fig. 11 Fig. 14 Fig. 15 Fig. 16 Fig. 17 Fig. 18 Fig. 19 Fig. 20 Fig. 21 Fig. 22



BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XLI (NOUVELLE PÉRIODE)

1871. — Nos 161 à 164.

Pages

De l'action du magnétisme sur les gaz traversés par des décharges électriques, par MM. *A. de la Rive* et *E. Sarasin*. 5

Observations de protubérances solaires faites à Rome, à l'Observatoire du Capitole, par M. le professeur *L. Respighi* 27

Reconnaissances géologiques, météorologiques et archéologiques dans la province de Constantine, par M. *Tissot*, ingénieur. 53

Note sur la constitution du lait et celle du sang, par M. *Dumas*, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences 105

De l'influence exercée par la densité et la température sur les spectres des gaz incandescents, par M. *F. Zœllner* 120

Observations sur l'électricité de l'air et sur l'Aurore boréale, faites pendant l'expédition suédoise de de 1868 au pôle nord, par M. *Selim Lemström*. 147

Édouard Claparède 169

Sur les nouvelles recherches du Dr W. Carpenter

Pages
relatives à la température et à la composition de l'eau de mer dans les grandes profondeurs de l'Océan et de la Méditerranée 285
Des météorites, par M. *Stanislas Meunier* 308
Sur la dispersion anormale, par M. *Auguste Kundt*. 317
Mémoire sur la compressibilité et la dilatation des gaz, par M. *E.-H. Amagat* 365
De la détermination de la dilatation absolue et spécialement de celle du barreau normal du bureau fédéral des poids et mesures, par M. *H. Wild*. . 373
Sur les images d'illusion et sur la théorie du relief binoculaire, par M. *Joseph Le Conte*. 394
Sur la polarisation de la couronne solaire, par M. le professeur *P. Blaserna* 423

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

J. Norman Lockyer. Éclipse de 1870............... 60

PHYSIQUE.

A. Weinhold. Sur le renversement de la raie du sodium 63
J.-L. Soret. Observation sur la note précédente...... 64
Schultz-Sellack. Sur la dépendance de l'absorption optique et chimique de la lumière par les combinaisons haloïdes de l'argent 65
J. Becquerel, père. De l'origine céleste de l'électricité atmosphérique.............................. 331
Denza. Observations d'Aurores boréales pendant le mois d'avril 1871 335

Pages

P. Blaserna. Déplacement des raies du spectre sous l'action de la température du prisme............. 429

J.-J. Müller. Le vert des feuilles.................... 430

L. Hermann. Sur la force électromotrice de l'induction dans des conducteurs liquides.................... 431

CHIMIE.

Julius Thomsen. Sur la chaleur de neutralisation des bases inorganiques et organiques solubles dans l'eau. 172

Ch. Schlœsing. Sur la précipitation des limons par des solutions salines très-étendues.................. 340

A. Ditte. Chaleur de combustion du magnésium et du zinc.. 344

A. Ditte. Chaleur de combustion du magnésium, de l'indium, du cadmium et du zinc. — De l'influence qu'exerce la calcination de quelques oxydes métalliques sur la chaleur dégagée pendant leur combinaison 432

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

William Carpenter. Sur la température et la vie animale dans les grandes profondeurs de la mer. — *Le même.* Les profondeurs de la mer. — *Wyville Thomson.* Sur les profondeurs de la mer. — *Ernst Hæckel.* Contribution à la théorie des Plastides. — *Alex. Agassiz.* Rapport préliminaire sur les Echinides et les étoiles de mer draguées dans les profondeurs de la mer entre Cuba et le récif de Floride, par L.-F. de Pourtalès. — *Théod. Lyman.* Rapport préliminaire sur les Ophiurides et les Astrophytons dragués dans les profondeurs de la mer entre Cuba et le récif de Floride, par L.-F. de Pourtalès. — *L.-F. de Pourtalès.* Listes de Crinoïdes et d'Holothuries recueillis dans les draguages à grandes profondeurs par la Coast Survey des Etats-Unis. — *L. Agassiz.* Rapport sur les draguages à grandes profondeurs dans le Gulf-Stream durant la troisième croisière du steamer « Bibb. » —

Pages

G.-O. Sars. Nouveaux crustacés vivant à de grandes profondeurs dans les Lofades. — *Le même.* Recherches sur la faune marine profonde du fjord de Christiania, faites durant un voyage zoologique dans l'été de 1868 66
L.-F. de Pourtalès. Le fond de la mer dans le Gulf-Stream et l'Atlantique, le long des côtes de l'Amérique du Nord.................................. 175
W. Marcet. Recherches expérimentales sur la constitution du sang et sur la nutrition du tissu musculaire.................................. 350
Giovanni Canestrini. Notes zoologiques............. 354
Félix Plateau. Recherches physico-chimiques sur les articulés aquatiques 359

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Observations faites pendant le mois d'avril 1871...... 437
Idem. pendant le mois de mai........... 445
Idem. pendant le mois de juin.......... 453
Idem. pendant le mois de juillet......... 461





